



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



Elaboración de sales gastronómicas enriquecidas con componentes bioactivos procedentes del tomate cherry pera, la guindilla y la áloe vera

Grado en Ingeniería Alimentaria

Trabajo de Final de Grado

Autora: Marta Morà Miranda
Dirección: Montserrat Pujolà
Francesc Sepulcre

10 de enero de 2017

Resumen

En la actualidad, la sal ha empezado a desempeñar un papel más allá de la potenciación de sabor, a medida que avanzan las nuevas tendencias culinarias vanguardistas se van creando sales cada vez más específicas. Independientemente de la gran función que ejerce este aditivo en la gastronomía, la ingesta desproporcionada de este componente puede provocar efectos graves en la salud humana.

El objeto del presente trabajo fue la elaboración de sales gastronómicas, a partir de la recrystalización de sal común mezcladas con diferentes ingredientes (tomate cherry pera, *Boletus edulis*, guindilla, extractos de te verde y aloe vera) que puedan aumentar su valor nutricional. Se dividió el trabajo en cinco apartados: viabilidad de cristalización de los ingredientes, selección de las mejores condiciones de recrystalización, influencia de los antiaglomerantes y la tipología de sal empleada y efecto de la adición de aditivos como ácido cítrico y EDTA- Na_2 en la recrystalización. Una vez elaboradas las sales se analizaron las preferencias de los consumidores mediante encuestas.

Los resultados obtenidos nos indicaron que las mejores condiciones para crear una solución sobresaturada a partir de cloruro sódico son 50°C, agitación a 350 rpm y posteriormente aplicar ultrasonidos (40 kHz) durante 5 minutos. Teniendo en cuenta la alta complejidad del proceso de cristalización y las modificaciones que puede provocar cualquier alteración en el comportamiento cristalino podemos afirmar que: el uso de sales que contienen antiaglomerantes no presenta una recrystalización adecuada y que la temperatura de evaporación óptima en la recrystalización está entre los 25 - 30°C. A nivel de ingredientes el “tomate cherry” en presencia de bajas concentraciones de ácido cítrico (0,1-0,25 M) presentó la mejor recrystalización a 30°C, “la guindilla” a bajas concentraciones de EDTA- Na_2 (0,1-0,3 M) la mejor recrystalización se obtuvo a 40°C mientras que en el caso del “extracto de aloe vera” no se observó ninguna mejora con el uso de estos quelantes.

Respecto a la preferencia de los consumidores, más del 80% de los encuestados estarían dispuestos a probar y comprar estas sales gastronómicas y valoraron positivamente el diseño del packaging y los sabores utilizados. El máximo precio que estarían dispuestos a pagar fue entre 1-2 € por 75gramos; precio inferior al previsto. De acuerdo con los datos obtenidos sería necesario profundizar en el precio, formato y sabores.

Palabras clave: recrystalización, sonicación, gastronomía, ácido cítrico anhidro y EDTA- Na_2

Resum

Actualment, la sal ha començat a exercir un paper més enllà de la potenciació de sabor, a mesura que avancen les noves tendències culinàries avantguardistes es van creant sals cada cop més específiques. Independentment de la funció que exerceix aquest additiu en la gastronomia, la ingesta desproporcionada d'aquest component pot provocar greus efectes a la salut humana.

L'objectiu principal d'aquest treball va ser l'elaboració de sals gastronòmiques, a partir de la recristal·lització de sal comú barrejat amb diferents ingredients (tomàquet cherry pera, *Boletus edulis*, bitxo, extractes de té verd i àloe vera) que puguin augmentar el seu valor nutricional. Es va dividir el treball en cinc apartats: viabilitat de la cristal·lització dels ingredients, selecció de les millors condicions de recristal·lització, influència dels antiaglomerants i la tipologia de sal emprada i l'efecte de l'addició d'additius com l'àcid cítric i l'EDTA- Na_2 en la recristal·lització. Un cop elaborades les sals es van analitzar les preferències dels consumidors mitjançant enquestes.

Els resultats obtinguts ens indiquen que les millors condicions per a crear una solució sobresaturada a partir de clorur sòdic són 50°C, agitació a 350 rpm i posteriorment aplicar ultrasons (40KHz) durant 5 minuts. Tenint en compte l'alta complexitat del procés de cristal·lització i les modificacions que poden provocar qualsevol alteració en el comportament cristal·lí, podem afirmar que l'ús de les sals que contenen antiaglomerants no presenta una recristal·lització adequada i que la temperatura d'evaporació òptima en la recristal·lització està entre els 25 - 30°C. A nivell d'ingredients el "tomàquet cherry" en presència de baixes concentracions d'àcid cítric (0,1-0,25 M) va presentar la millor recristal·lització a 30°C, "el bitxo" a baixes concentracions de EDTA- Na_2 (0,1-0,3 M) la millor recristal·lització es va obtenir a 40°C mentre que en el cas de "l'extracte d'àloe vera" no es va observar ninguna millora amb l'ús d'aquests quelants.

Respecte a la preferència dels consumidors, més del 80% dels consumidors enquestats estarien disposats a provar i comprar les nostres sals gastronòmiques i van valorar positivament el disseny del packaging i els sabors dels ingredients utilitzats. El màxim preu que estarien disposats a pagar va ser entre 1-2€ per 75 grams; preu inferior al previst. D'acord amb aquestes dades obtingudes seria necessari profunditzar en el preu, format i sabors.

Paraules clau: recristal·lització, sonicació, gastronomia, àcid cítric anhidre i EDTA- Na_2

Abstract

Nowadays, salt has begun to play a crucial role beyond flavour enhancement. As new culinary tendencies progress more specific salts are created. Regardless of the additive function in gastronomy, disproportionate intake of this component can cause severe damage to human health.

The aim of this study is to create gastronomic salts from the recrystallization of common salt blended with different ingredients (pear cherry tomato, *Boletus edulis*, chili, green tea extract and aloe vera extract) that can enhance their nutritional value. The work was divided in five studies: recrystallization of ingredients viability, best recrystallizations conditions selection, anticaking agents influence, used salt typology and the effect of the addition of additives like citric acid and EDTA- Na_2 in recrystallization. Once salts were elaborated, consumer preferences were analysed by means of survey.

The results obtained indicate that the best conditions to create a supersaturation solution from sodium chloride were 50°C, stirring and 350 rpm and subsequently applying ultrasounds for 5 minutes at 40Hz. Given the highly complex nature of crystallization process, any alteration in the working conditions can modify crystalline behaviour we can state that: using salts containing anti-caking agents offer a proper recrystallization and the optimum evaporating temperature in recrystallization is close to 25-30°C. As regards ingredients, “cherry tomato” in presence of low acid citric concentration (0,1-0,25 M) showed the best recrystallization at 30°C. “Chilli” in low EDTA- Na_2 concentration (0,1-0,3 M) showed the best recrystallization at 40°C whereas the “aloe vera” extract showed no improvement using chelating agents.

Regarding consumer preferences, more than 80 per cent of consumer respondents would like to try and buy our gourmet salts and acknowledge the packaging design and flavours of the ingredients used. The highest price they are willing to pay was between 1-2€ for 75 grams; a price lower than expected. In accordance with the results obtained, it is necessary to look in greater detail specific aspects such as price, format and flavours.

Key words: recrystallization, sonication, gastronomy, citric acid anhydrous and EDTA- Na_2

Agradecimientos

El más eterno agradecimiento a mi familia y amigos, en especial a mis padres por el apoyo y amor incondicional que me han brindado.

A Montserrat Pujolà, tutora de este trabajo, por la oportunidad, la confianza y la dedicación.

Índice

1.	Introducción	12
1.1	Cloruro de sodio.....	12
1.1.1	Propiedades físicas y químicas del cloruro de sodio	12
1.2	La cristalización	13
1.2.1	Mecanismos de cristalización	14
1.3	Influencia de los aditivos en la cristalización	18
1.4	Importancia de la sal en la industria alimentaria	18
1.5	Uso de la sal en la gastronomía	19
2.	Objetivos	22
3.	Materiales y métodos.....	23
3.1.1	Materiales	23
3.1.1.1	Tipos de Sal	23
3.1.1.2	Ingredientes	24
3.1.1.3	Aditivos quelantes	25
3.1.2	Material de laboratorio.....	26
3.2	Métodos y diseño experimental	27
3.2.1	<i>Ensayo I: Viabilidad de cristalización de diversos ingredientes</i>	27
3.2.2	<i>Ensayo II: Comprobación de las mejores condiciones de recristalización</i>	29
3.2.3	<i>Ensayo III: Influencia que ejerce la presencia o no de antiaglomerantes y el tamaño y tipología de sal empleadas en la recristalización</i>	31
3.2.4	<i>Ensayo IV: Efecto de la adición de aditivos quelantes en la recristalización</i>	31
3.2.5	<i>Ensayo V: Análisis de las preferencias de los consumidores hacia las sales gastronómicas</i>	33
4.	Resultados y discusión	35
4.1	<i>Ensayo I: Viabilidad de cristalización de diversos ingredientes</i>	35
4.1.1	Tomate cherry pera liofilizado	36
4.1.2	Boletus edulis deshidratado	36
4.1.3	Infusión de té verde.....	36
4.2	<i>Ensayo II: Comprobación de las mejores condiciones de recristalización</i>	37
4.2.1	Proceso de disolución	37
4.2.2	Proceso de cristalización.....	37
4.3	<i>Ensayo III: Influencia que ejerce la presencia o no de antiaglomerantes y el tamaño y tipología de sal empleadas en la recristalización</i>	44
4.4	<i>Ensayo IV: Efecto de la adición de aditivos en la recristalización</i>	46
4.4.1	Tomate cherry pera liofilizado	46
4.4.2	Guindilla deshidratada.....	51
4.4.3	Extracto de áloe vera	55
4.5	Resultados y esquemas.....	57
4.6	<i>Ensayo V: Análisis de las preferencias de los consumidores hacia las sales gastronómicas</i>	59
5.	Conclusiones	70
6.	Bibliografía	71
7.	Anexos	72

Índice de figuras

Figura (1): Estructura del cloruro sódico en estado cristalino (pg 13)

Figura (2): (a) Cristalización octaédrica del cloruro de sodio (b) Cristalización dodecaédrica del cloruro de sodio (pg 13)

Figura (3): Esquema de las fases de la cristalización (pg 14)

Figura (4): Diagrama de solubilidad-sobresaturación (pg 16)

Figura (5): Fases de la etapa de nucleación (pg 16)

Figura (6): Fases de la etapa de crecimiento cristalino (pg 17)

Figura (7): (a) Sal fina de mesa refinada. (b) Sal Maldon (pg 23)

Figura (8): (a) Polvo de tomate liofilizado. (b) Polvo de guindilla deshidratada. (c) Polvo de boletus deshidratado (d) Extracto de áloe vera. (e) Extracto de té verde. (pg 25)

Figura (9): Diseño experimental para el estudio de la viabilidad de cristalización de los ingredientes (pg 28)

Figura (10): Diseño experimental para el estudio de la influencia que puede ejercer la sonicación en la cristalización (pg 30)

Figura (11): Diseño experimental del estudio de la influencia de los aditivos quelantes en la cristalización (pg 32)

Figura (12): (a) Recristalización inicial con un tamaño de partícula de polvo grande. (b) Recristalización resultante de la disminución del tamaño de partícula de polvo (pg 36)

Figura (13): (a) Recristalización inicial con un índice de aglomeración elevado y un tamaño de partícula muy reducido. (b) Recristalización resultante de la adición de partículas de la misma fase en el seno de la solución (pg 37)

Figura (14): (a) Recristalización con tomate a 25°C. (b) Recristalización con tomate a 30°C con aireación. (c) Recristalización con tomate a 40°C con aireación (pg 38)

Figura (15): (a) Recristalización con guindilla a 25°C. (b) Recristalización con guindilla a 30°C. (c) Recristalización con guindilla a 40°C (pg 40)

Figura (16): (a) Recristalización con extracto de áloe vera a 25°C. (b) Recristalización con extracto de áloe vera a 30°C con aireación. (c) Recristalización con extracto de áloe vera a 40°C con aireación (pg 41)

Figura (17): (a) Recristalización con guindilla sin sonicación. (b) Recristalización con guindilla con sonicación (pg 42)

Figura (18): (a) Recristalización con extracto de áloe vera a 25°C con sal sin antiglomerantes. (b) Recristalización con extracto de áloe vera a 25°C con sal con antiglomerantes (pg 43)

Figura (19): Recristalización con extracto de áloe vera a 25°C con sal Maldon sin presencia de antiaglomerantes (pg 44)

Figura (20): (a) Recristalización de tomate con ácido cítrico 0,1M a 30°C con aireación. (b) Recristalización de tomate con ácido cítrico 0,1M a 40°C con aireación. (c) Recristalización de tomate de ácido cítrico 0,25M a 30°C con aireación. (d) Recristalización de tomate con ácido cítrico 0,25M a 40°C con aireación (pg 46)

Figura (21): (a) Recristalización de tomate con EDTA-Na₂ 0,3M a 30°C con aireación. (b) Recristalización de tomate con EDTA-Na₂ 0,3M a 40°C con aireación. (c) Recristalización de tomate con EDTA-Na₂ 0,45M a 30°C con aireación. (d) Recristalización de tomate con EDTA-Na₂ 0,45M a 40°C con aireación (pg 48)

Figura (22): (a) Recristalización de guindilla con ácido cítrico 0,1M a 30°C. (b) Recristalización de guindilla con ácido cítrico 0,1M a 40°C. (c) Recristalización de guindilla con ácido cítrico 0,25M a 30°C. (d) Recristalización de guindilla con ácido cítrico 0,25M a 40°C (pg 50)

Figura (23): (a) Recristalización de guindilla con EDTA-Na₂ 0,3M a 30°C. (b) Recristalización de guindilla con EDTA-Na₂ 0,3M a 40°C. (c) Recristalización de guindilla con EDTA-Na₂ 0,45M a 30°C. (d) Recristalización de guindilla con EDTA-Na₂ 0,45M a 40°C (pg 52)

Figura (24): (a) Recristalización con extracto de áloe vera con EDTA-Na₂ 0,3M a 30°C. (b) Recristalización con extracto de áloe vera con ácido cítrico 0,05M a 30°C (pg 54)

Figura (25): Recristalización con extracto de áloe vera con EDTA-Na₂ 0,05M y 0,05M ácido cítrico anhidro a temperatura ambiente (25°C) (pg 54)

Figura (26): Recristalización óptima de áloe vera (temperatura ambiente en ausencia de quelantes). (a) 50x (b) 100x (pg 55)

Figura (27): Diseño experimental para recristalizaciones de sal con diferentes ingredientes (pg 57)

Figura (28): Packaging de las sales gastronómicas (pg 58)

Figura (29): Hábitos de consumo. (a) Porcentaje de consumidores que adicionan sal en la preparación de la comida. (b) Porcentaje de consumidores que adicionan sal en el plato (pg 59)

Figura (30): Hábitos de compra (a) Tipología de sal que compran los consumidores. (b) Formato de sal que compran los consumidores. (c) Precio que pagan los consumidores por un kilogramo de sal (pg 60)

Figura (31): Estudio de la existencia de relación entre la disminución en la ingesta de sal y la edad (pg 61)

Figura (32): Relación entre el conocimiento sobre la problemática que genera el consumo excesivo de sal y la edad (pg 62)

Figura (33): Hábito de salud: conocimiento de los sucedáneos o productos sustitutivos de la sal que tienen los consumidores (pg 63)

Figura (34): Interés de la población en probar las nuevas sales gastronómicas (pg 64)

Figura (35): (a) Aceptación de los sabores de los ingredientes utilizados (b) Propuesta o no de cambio de alguno de los sabores por parte del consumidor (pg 65)

Figura (36): Preferencias de sabores entre los consumidores (pg 66)

Figura (37): Posible compra de este producto en caso de presentar un precio satisfactorio (pg 66)

Figura (38): (a) Precio que los consumidores estarían dispuestos a pagar por un pack de 3 sales gastronómicas de 25g cada una. (b) Consumidores que cambiarían su sal habitual por este nuevo producto (pg 67)

Figura (39): (a) Posible compra del producto en caso de presentar un precio satisfactorio (b) opiniones de los consumidores respecto al packaging (pg 68)

Índice de tablas

Tabla (1): Solubilidad de NaCl en agua (pg 12)

Tabla (2): Función que ejerce el aditivo cloruro de sodio en las diferentes industria alimentarias (pg 18)

Tabla (3): Especificaciones de las sales gastronómicas más conocidas actualmente (pg 19)

Tabla (4): Especificaciones de las sales enriquecidas más conocidas actualmente (pg 20)

Tabla (5): Propiedades físicas y químicas de ácido cítrico anhidro (pg 25)

Tabla (6): Propiedades físicas y químicas del ácido etilendiaminotetraacéticodisódico (pg 26)

Tabla (7): Aspectos estadísticos empleados para calcular el número de encuestados (pg 33)

Tabla (8): Valoración de los aspectos a estudiar de las recristalizaciones de los diferentes ingredientes (pg 35)

Tabla (9): Descripción del comportamiento de las recristalizaciones de tomate a diferentes temperaturas de evaporación (pg 39)

Tabla (10): Descripción del comportamiento de las recristalizaciones de guindilla a diferentes temperaturas de evaporación (pg 40)

Tabla (11): Descripción del comportamiento de las recristalizaciones con extracto de áloe vera a diferentes temperaturas de evaporación (pg 41)

Tabla (12): Descripción de la influencia ejercida por la presencia de antiaglomerantes en las sales empleadas para recristalizar (pg 44)

Tabla (13): Descripción de la influencia ejercida por la tipología de sal empleada para recristalizar (pg 45)

Tabla (14): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico en el comportamiento de las recristalizaciones con polvo de tomate cherry pera liofilizado a 30°C y 40°C (pg 47)

Tabla (15): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de EDTA- Na_2 en el comportamiento de las recristalizaciones con polvo de tomate cherry pera liofilizado a 30°C y 40°C (pg 49)

Tabla (16): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico en el comportamiento de las recristalizaciones con polvo de guindilla deshidratada a 30°C y 40°C (pg 51)

Tabla (17): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de EDTA- Na_2 en el comportamiento de las recristalizaciones con polvo de guindilla a 30°C y 40°C (pg 53)

Tabla (18): Resumen de los resultados experimentales (pg 56)

Tabla (19): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson en el estudio sobre la existencia de relación entre la disminución en la ingesta de sal y la edad (pg 61)

Tabla (20): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson en el estudio sobre la existencia de relación entre el conocimiento sobre la problemática que genera el consumo excesivo de sal y la edad (pg 62)

Tabla (21): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson en el estudio sobre la existencia de relación entre el conocimiento sobre sustitutivos de la sal o sucedáneos y la edad (pg 63)

Tabla (22): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson en el estudio sobre la existencia de relación respecto la probabilidad de probar las sales gastronómicas y (a) la edad o (b) el sexo (pg 64)

1. Introducción

En este apartado, entenderemos cómo funciona el mecanismo de cristalización empleado en nuestro estudio, nos centraremos en la cristalización de tipo iónica en la que se basan los cristales de cloruro sódico empleados en la creación de nuestras sales gastronómicas.

1.1 Cloruro de sodio

El cloruro de sodio es un compuesto químico cristalino isométrico, incoloro, mayormente conocido como sal común o sal de mesa dado su marcado gusto salado. Este electrólito se encuentra tanto en depósitos subterráneos naturales en forma de capas sedimentarias procedentes del mineral Halita como en el agua de mar que abastecen todos los océanos o lagos salados [1]. Existen diversas técnicas para la obtención del cloruro de sodio, las más usadas a lo largo del tiempo son la evaporación de una salmuera (agua de mar) mediante una evaporación en vacío y la pulverización del mineral Halita; los países de mayor producción son Estados Unidos, China, Alemania, India, Canadá, Australia y Brasil [2].

1.1.1 Propiedades físicas y químicas del cloruro de sodio

El cloruro de sodio (NaCl), está formado por un catión sódico (Na^+) y un anión cloruro (Cl^-), siendo así un compuesto de tipo iónico.



El cloruro de sodio es soluble en disolventes polares como el agua y muy poco soluble en disolventes no polares como el etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) y una solución acuosa de NaCl puro presenta un pH de 7 [1]. La solubilidad de este compuesto es relativamente independiente a la temperatura, véase la tabla 1:

Tabla (1): Solubilidad de NaCl en agua

Temperatura (°C)	g NaCl / 100 g H ₂ O
0	35,76
20	35,92
40	36,46
60	37,16
80	37,99
100	39,12
180	44,9

En estado sólido presenta una estructura cristalina cúbica de tipo halita, donde cada átomo se posiciona en el centro de un octaedro regular seguido por el posicionamiento alternado de los mismos en cada vértice asegurando así su neutralidad en carga. La unión iónica entre en los

átomos, ocasionada por los campos electrostáticos que presentan los iones de este compuesto, hará posible esta estructura cristalina, véase la figura 1:

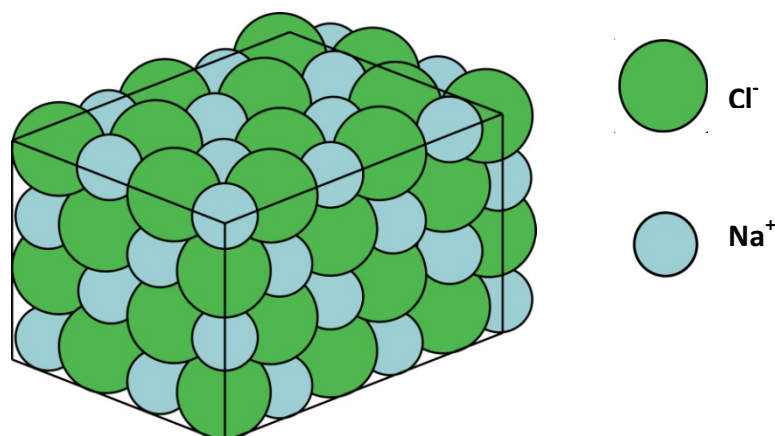


Figura (1): Estructura del cloruro sódico en estado cristalino. Fuente: elaboración propia

1.2 La cristalización

Para comprender la naturaleza de este complejo proceso, debemos entender de forma general y resumida en que se basa, para ello podemos definir la cristalización como una operación unitaria dónde a partir de una mezcla homogénea se produce la formación de un sólido por transferencia de materia y energía. Éste sólido cristalino se puede obtener tanto de un gas como de un líquido o una disolución y es a partir de sus iones, átomos o moléculas que se formarán enlaces que constituirán a la creación de una nueva red cristalina [3].

Según su pureza, cristaliza de diferente manera. En una solución acuosa de mayor pureza cristaliza de forma cúbica y en una solución acuosa con presencia de impurezas cristalizará de forma octaédrica o dodecaédrica [2], véase la figura 2. Debido a la tensión superficial que estos cristales presentan, podrán crecer formando nuevas estructuras como pirámides huecas de base cuadrada entre otras. En general los cristales presentan transparencia a la luz de onda entre 200 nm (ultravioleta) y 15 nm (infrarrojo), aunque se puede alterar dependiendo del grado de impureza que estos presenten, descubriéndose así cristales de color blanco, gris, rojizo o incluso pardusco. En algunos casos se puede apreciar como pequeñas cantidades de agua quedan atrapadas en el interior de esta estructura.

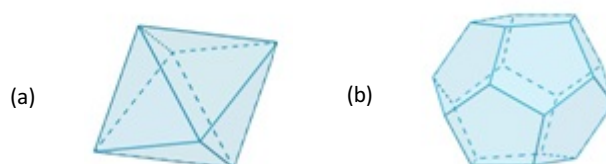


Figura (2): (a) Cristalización octaédrica del cloruro de sodio (b) Cristalización dodecaédrica del cloruro de sodio . Fuente: <http://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/poliedros-regulares/>

1.2.1 Mecanismos de cristalización

La cristalización se realiza en dos etapas principales, la primera de ellas es la nucleación dónde se crea un nuevo núcleo cristalino y la segunda es el crecimiento de éste hasta tamaño macroscópico. En la siguiente figura 3 se observa un esquema general de las distintas fases de este proceso. Para que estas etapas sean posibles será necesario que el medio esté sobresaturado, es decir, la cristalización no es posible en un medio no saturado o saturado [4]. Es por eso que debemos enfatizar este término ya que es una variable que afectará tanto la posibilidad de cristalización como el tamaño, forma, pureza y su rendimiento.

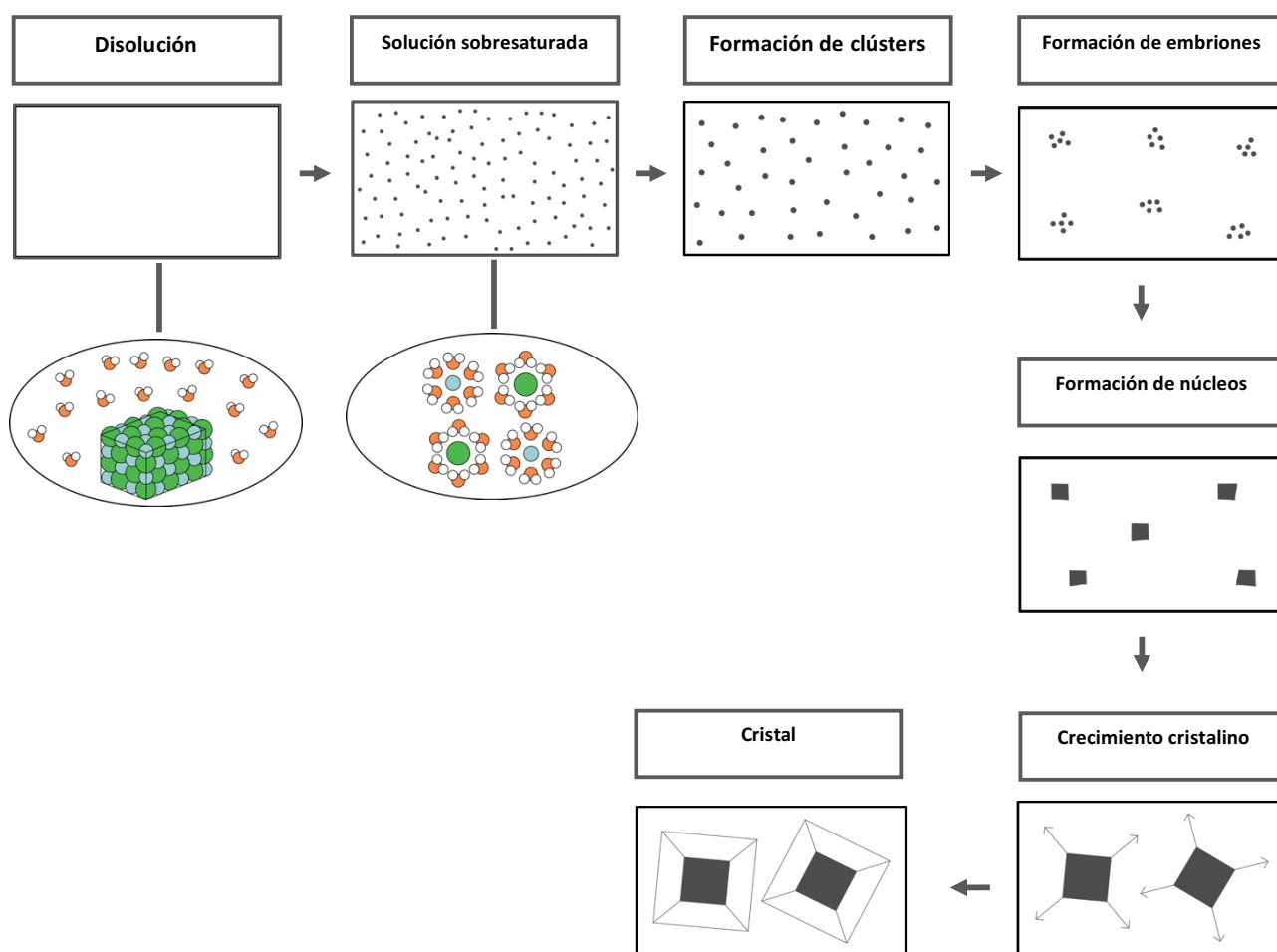
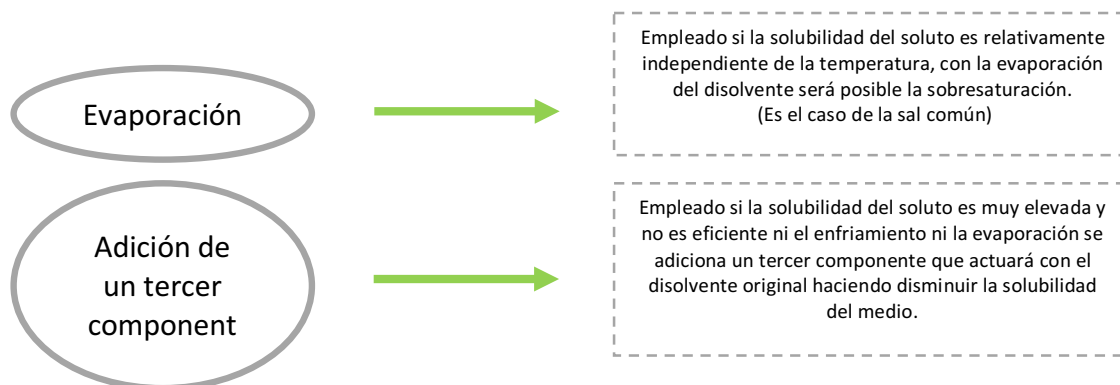


Figura (3): Esquema de las fases de la cristalización. Fuente: elaboración propia

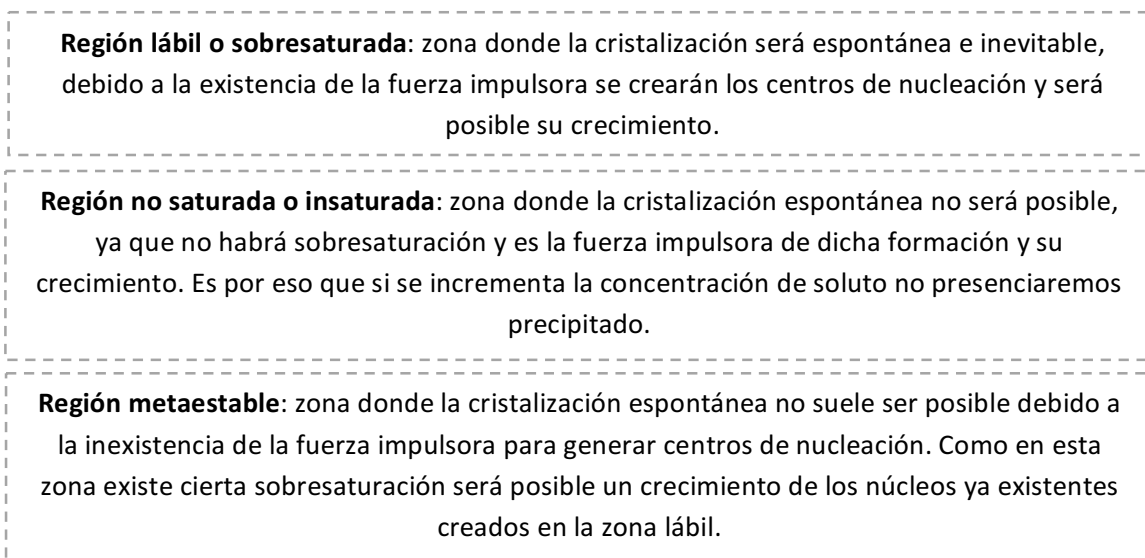
1.2.1.1 Etapa de disolución iónica

En el caso de las soluciones iónicas, los extremos positivos de los dipolos de agua se sentirán atraídos por los iones negativos y los extremos negativos por los iones positivos. Será entonces, si las fuerzas de atracción entre el ión-dipolo vencen las fuerzas intermoleculares que tendrá lugar la disolución. Una vez lograda la disolución, se escogerá una de las técnicas que generen sobresaturación en la mezcla, siempre dependiendo de la solubilidad del soluto en función de la temperatura.

La técnica que se emplea para alcanzar la sobresaturación en una cristalización iónica, como es el caso de la sal de mesa, será [5]:



Los de términos de solubilidad y sobresaturación se pueden describir en función de la temperatura y la concentración de la solución, obteniendo un diagrama que pueden definir el equilibrio de cristalización, proporciona la información para saber cuando la nucleación será espontánea [6]. La curva de solubilidad es una propiedad del sistema soluto-solvente que describe el equilibrio existente entre ambos. En cambio, la curva de saturación-sobresaturación no es una propiedad única del sistema sino que depende de otros factores extrínsecos como el nivel de agitación, la presencia de partículas extrañas,... entre otras. A partir del diagrama de solubilidad y sobresaturación (figura 4) obtenemos tres zonas diferenciadas [7]:



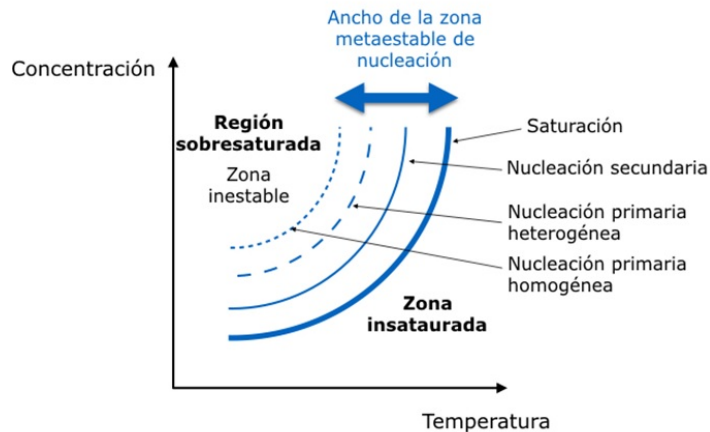


Figura (4): Diagrama solubilidad-sobresaturación. Fuente: <https://blog.condorchem.com/cristalizacion-de-sal/>

Por ejemplo, para la obtención de cristales pequeños trabajaremos en la zona lábil donde existirá una importante formación de núcleos y menor crecimiento de estos, ya que la velocidad de nucleación será superior a la velocidad de crecimiento, mientras que si trabajamos en la zona metaestable obtendremos cristales de mayor tamaño debido a que la velocidad de crecimiento en esta región es superior a la velocidad de nucleación [5], [3].

1.2.1.2 Etapa de nucleación

En presencia de un medio sobresaturado se iniciará la etapa principal y esencial en la formación de multímeros llamada nucleación. En esta fase se formarán los clústers que posteriormente se agruparán y crecerán hasta llegar a ser partículas cristalinas macroscópicas [4].

La nucleación como tal se basa en el choque producido por las fuerzas intermoleculares entre los diferentes átomos o moléculas individuales que por consiguiente se originarán clústers, a medida que avanza el tiempo irán chocando entre ellos formando nuevos clústers llamados embriones. Alcanzarán un tamaño visible aquellos embriones que lleguen a estar en equilibrio el tiempo necesario con la disolución sobresaturada, así podrán reagruparse formando núcleos y adquirir un tamaño crítico [3].

El proceso de formación se producirá en la zona lábil, donde la fuerza impulsora es máxima dando lugar a una nueva fase estable.

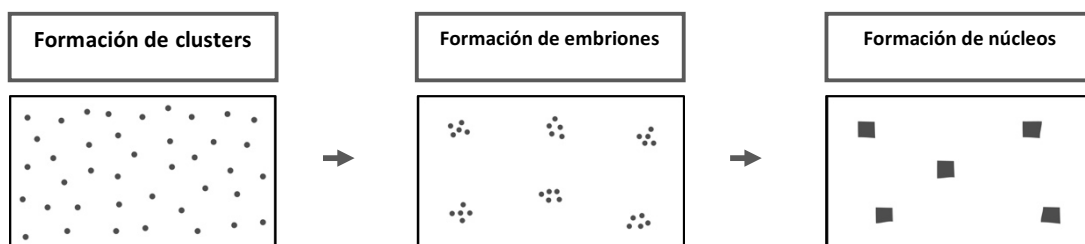
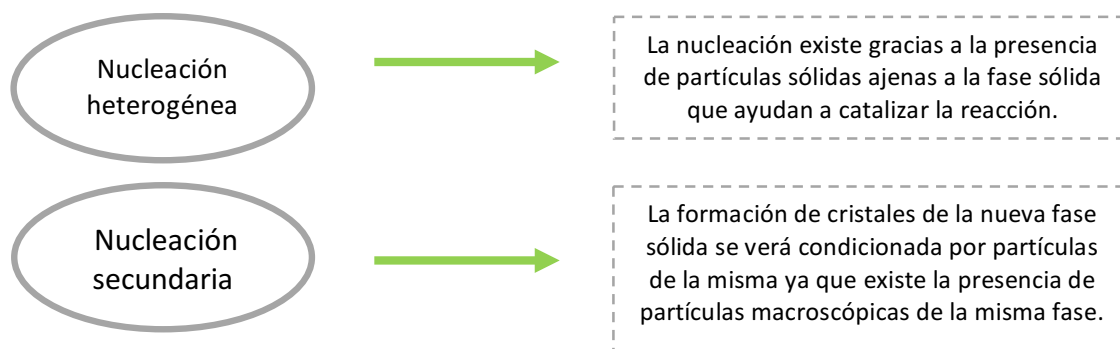


Figura (5): Fases de la etapa de nucleación. Fuente: elaboración propia

Debido a la alta complejidad de este proceso, el cambio de fase puede no producirse si el sistema es termodinámicamente favorable, puesto que la sobresaturación por sí sola raramente es suficiente motor para que sea posible la nucleación. Es por ello que podemos diferenciar diferentes tipos de nucleación en función de la influencia que puede ejercer la presencia de partículas sólidas en la solución [8]. Enfatizaremos en las nucleaciones más usuales en la cristalización y las empleadas en el presente trabajo:



1.2.1.3 Etapa de crecimiento cristalino

El crecimiento cristalino se iniciará una vez se haya alcanzado el tamaño crítico de los núcleos existentes de la solución. Las unidades constructivas presentes en el medio sobresaturado se adicionarán de forma ordenada haciendo que el núcleo crezca en volumen hasta lograr un tamaño detectable.

En el crecimiento de dichos núcleos intervendrán procesos cinéticos consecutivos como el transporte de unidades constructivas desde la fase líquida sobresaturada hacia el cristal por difusión y/o convección, posteriormente la agregación de estas unidades de crecimiento a la red cristalina mediante una reacción superficial y finalmente desprendimiento del calor que genera la cristalización [3].

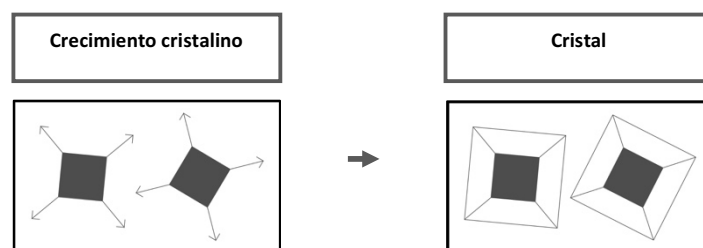


Figura (6): Fases de la etapa de crecimiento cristalino. Fuente: elaboración propia

1.3 Influencia de los aditivos en la cristalización

Cualquier tipo de partícula que se adicione ajena o no a la fase sólida que se crea podrá modificar inicialmente la velocidad de nucleación y crecimiento, por ende acabará variando el tamaño, morfología, índice de aglomeración y las propiedades físicas finales de los cristales resultantes [9].

Los aditivos se pueden diferenciar entre aditivos ácidos o básicos e inorgánicos o orgánicos. Pueden actuar como inhibidores o como catalizadores de la cristalización, dependiendo de la afinidad que presente frente a la sustancia a cristalizar:

- Si adicionamos **un aditivo inhibidor** en presencia de una nucleación heterogénea presenciaremos una interacción entre el aditivo y la fase sólida ajena (partículas ajenas propias de la nucleación heterogénea que funcionan como catalizadores de la reacción); se alterará su efecto catalítico debido a la disminución en moléculas que se encuentren en la superficie del nucleante heterogéneo ídem en el caso de una nucleación secundaria. Finalmente presenciaremos una disminución en la velocidad total de nucleación heterogénea que repercutirá en la población de núcleos resultantes [3].
- Si adicionamos un aditivo semejante a la fase sólida que se cristaliza aumentará la velocidad de nucleación ya que las partículas del aditivo se adicionarán al cristal aumentando su volumen [3].

La presencia de aditivos generalmente tiende a reducir la velocidad de crecimiento de los cristales ya que habitualmente bloquean parte de los lugares de crecimiento del cristal adsorbiendo en esos mismos lugares activos.

1.4 Importancia de la sal en la industria alimentaria

Desde tiempos inmemoriales han existido diversas utilidades de la sal, tales como conservar y preservar los alimentos y como un condimento potenciador de los platos debido al gusto salado que proporciona, ya que es uno de los sabores básicos discernibles por las papilas gustativas. El cloruro sódico presenta muchas más utilidades en la industria alimentaria que su conocida función como potenciador de sabor.

Este compuesto no solo saborea los alimentos y los hace más apetecibles, sino que también se utiliza para conservar, controlar la fermentación, potenciar el color, emulsionar, texturizar, deshidratar, inhibir el crecimiento de bacterias,... véase la tabla 2. El cloruro de sodio se puede emplear tanto en estado sólido en forma de cristales como en estado líquido a base de una disolución con agua llamada salmuera.

Tabla (2): Función que ejerce el aditivo cloruro de sodio en las diferentes industria alimentarias

Tipo de Industria alimentaria	Función	Observaciones
Industria láctea	Agente de control de la fermentación, para texturizar y potenciar de sabor	Se emplea en la producción de yogures, quesos, mantequillas y cremas y para mejorar su consistencia y sabor final
Industria cárnica	Elaboraciones en crudo: mejorar sabor y texturizar Elaboraciones en procesados: deshidratar, texturizar, disminuir la actividad del agua y así inhibir las bacterias, mejora de sabor y color	Se utiliza para texturizar ya que la sal ayuda a solubilizar a las proteínas miofibrilares estabilizando la grasa en las emulsiones. Se utiliza para deshidratar debido a la presión osmótica que ejerce una solución salina
Industria panadera y pastelera	Saborizante, agente de control de fermentación, para texturizar aquellas elaboraciones que presenten gluten	Se utiliza para controlar la fermentación ya que ralentiza la actividad de la levadura. Mejora la consistencia puesto que mejora la estabilidad y resistencia del gluten debido a las propiedades higroscópicas.
Industria conservera	Conservación y preservación de los elementos en conserva	Se utiliza en la mayoría de conservas
Industria pesquera	Deshidratación parcial del producto, inhibición de bacterias,	Se emplea como método del salazón mediante salmuera (soluciones concentradas de sal) en el bacalao, mojama de atún, huevas, sardinas de bota, bonito seco...

La ingesta desproporcionada de este componente puede provocar graves efectos en la salud humana y por ello se ha empezado a sustituir por glutamato monosódico, una sal sódica del ácido glutámico (E-621) que actúa como potenciador de sabor.

1.5 Uso de la sal en la gastronomía


Actualmente las sales se sofistican y están ganando un papel muy importante en la gastronomía, ya que prima la creación de nuevas sales tanto por su color, forma y textura, como por su aroma y sabor, de esta manera podremos aportar un toque distintivo a cualquier tipo de plato. A medida que avanzan las nuevas tendencias culinarias, se van creando sales cada vez más específicas. Gracias a la creación de algunas sales aromatizadas y saborizadas se ha podido disminuir el ingesta de sal diaria en los platos contribuyendo así a una posible mejora en la salud. Pocas recetas no contienen sal, como dijo Ferrán Adrià “es un producto mágico, que marca la diferencia. En la cocina, lo primordial es el fuego, después la sal, y en tercer lugar la leche”, además es un lujo que está al alcance de todo el mundo.

En el mercado podemos encontrar diferentes sales gourmet que destacan por sus diferentes procesos de elaboración, texturas, aromas, sabor o procedencia.

- **Ejemplos según su procedencia, sabor, textura y aroma**

Tabla (3): Especificaciones de las sales gastronómicas más conocidas actualmente

 <p>Fuente: https://blog.salgourmet.es/sal-fosil-para-gourmets/</p>	<p>Sal de escamas</p> <p>Se usa una vez el plato está preparado, ofrece un toque distintivo y se elaboran de diferentes sabores como por ejemplo limón que especial para pescados y ensaladas.</p>
 <p>Fuente: Henry Richardson</p>	<p>Sal ahumada</p> <p>Se usa una vez el plato está preparado y aporta un sabor único y distintivo a los platos. Es especial para asados.</p>
 <p>Fuente: http://www.enbuenasmanos.com/sal-del-himalaya</p>	<p>Sal rosa del Himalaya</p> <p>Se considera la sal más pura, y se usa una vez el plato está preparado, aporta una textura crujiente debido al diámetro del cristal y es ideal para cocinar pescados y carnes a la parrilla.</p>
 <p>Fuente: Wassaman In Salud</p>	<p>Sal negra de Hawai</p> <p>Es una sal de origen volcánico que presenta un sabor salado menos marcado y es por eso que se usa para cocinar pescados, carnes a la plancha, verduras y ensaladas.</p>
 <p>Fuente: Queralt Dotti</p>	<p>Sal Murray de Australia</p> <p>Es una sal suave que es ideal para cocinar ensaladas, carnes y pescados a la plancha.</p>

 <p>Fuente: Wassaman In Salud</p>	<p>Sal azul de Persia</p> <p>Es una sal poco salada que aporta una textura crujiente, es perfecta para cocinar pescados crudos y carnes blancas.</p>
--	---

▪ **Ejemplos según su aroma, debido a la adición de especies**

Tabla (4): Especificaciones de las sales enriquecidas más conocidas actualmente

 <p>Fuente: Gastronomía & Cía</p>	<p>Sal de cinco pimentas</p> <p>Se usa una vez el plato está preparado, aporta un sabor y aroma distintivos y es ideal para añadir a carnes, pescados, verduras al horno o a la plancha.</p>
 <p>Fuente: Marga Pericas</p>	<p>Sal de cítricos</p> <p>Se usa una vez el plato está preparado y aporta un sabor y color único, ideal para aderezar pesados y mariscos.</p>
 <p>Fuente: http://hechoenlapalma.com/</p>	<p>Sal de curry</p> <p>Se usa una vez el plato está preparado y aporta un sabor especial e ideal para condimentar cremas, ensaladas de marisco o con carne, pescados, carnes...</p>
 <p>Fuente: Gastronomía & Cía</p>	<p>Sal de romero, mostaza y naranja</p> <p>Se usa una vez el plato está preparado y aporta un sabor diferente ideal para que realce los sabores de la carne de cerdo.</p>
 <p>Fuente: Gastronomía & Cía</p>	<p>Sal de perejil</p> <p>Se usa en la elaboración del plato y una vez este está preparado, aporta un sabor conocido pero inigualable.</p>

2. Objetivos

El objeto principal del presente trabajo se basa en la elaboración de sales gastronómicas, a partir de la recristalización de sal común mezcladas con diferentes ingredientes que puedan aumentar su valor nutricional.

Para alcanzar este objetivo nos valdremos de los siguientes objetivos específicos:

Ensayo I: Estudiar el efecto de los ingredientes utilizados y su forma de presentación (polvo o líquido) en la recristalización.

Ensayo II: Comprobar las mejores condiciones de recristalización tales como la temperatura, la sobresaturación, la agitación, el uso de ultrasonidos y la temperatura de evaporación, para obtener un producto atractivo y de calidad.

Ensayo III: Evaluar la influencia de los antiaglomerantes presentes en diversas sales y el tamaño y la tipología de sal empleadas en la recristalización.

Ensayo IV: Estudiar el efecto de la adición de aditivos quelantes como el ácido cítrico y el EDTA- Na_2 en la recristalización.

Ensayo V: Analizar las preferencias de los consumidores hacia este nuevo producto a través de una encuesta a consumidores y su posterior análisis estadístico.

3. Materiales y métodos

3.1.1 Materiales

3.1.1.1 Tipos de Sal

Para realizar recristalizar se han utilizado los siguientes tipos de sal:

- **Sal fina con antiaglomerantes**

La sal fina es una sal de color blanco con un diámetro de cristales reducido que ha pasado por un proceso de refinamiento donde se le ha adicionado ferrocianuro de potasio, un antiaglomerante sintético y estabilizante (E-536) para evitar que los cristales formen agregados y así mejorar su manipulación.

- **Sal fina sin antiaglomerantes**

Sal obtenida por un proceso de refinamiento para conseguir un diámetro de cristal pequeño y su color blanco particular. Se comercializa sin la adición de antiaglomerante, por este motivo si se almacena la sal en un lugar húmedo los cristales de la sal formarán aglomerados. Su aspecto es idéntico a la sal fina de mesa refinada con antiaglomerantes de la figura 7.

- **Sal Maldon**

Sal artesanal procedente del río Blackwater, en el condado de Essex (Inglaterra), presenta un color blanco y una forma piramidal, una sal particular muy utilizada en alta cocina. No se le adiciona ningún aditivo ya que su proceso es meramente artesano. Su elaboración consiste en llevar a ebullición la salmuera extraída del río previamente filtrada, la cocción evaporará el agua obteniendo cristales de la fase sólida en la superficie [10].

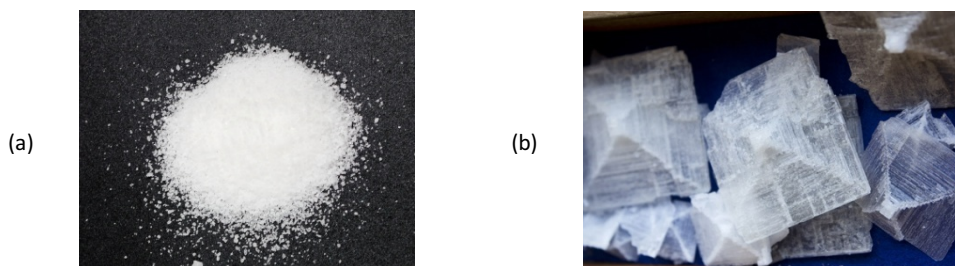


Figura (7): (a) Sal fina de mesa refinada. Fuente: <http://cocinillas.lespanol.com/2015/01/tipos-de-sal-para-cocinar/> (b) Sal Maldon. Fuente: Thomas Canet

3.1.1.2 Ingredientes

- **Polvo de tomate cherry pera liofilizado**

Este ingrediente es un gran potenciador de sabor y presenta un color rojo muy intenso que aportará un color rojizo distintivo a los cristales. Por otra parte, el tomate contiene licopeno, (caroteno con función antioxidante y es el pigmento encargado de proporcionar el color rojo). También contiene fibra, grandes cantidades de vitamina A, B1, B2, C, E y K y sales minerales como calcio, fósforo, hierro, sodio, potasio, magnesio, azufre, cloro, cobre, magnesio, zinc, cobalto, flúor y yodo.

- **Polvo de guindilla deshidratada**

Es un potenciador de sabor muy utilizado en elaboraciones culinarias y presenta un sabor muy fuerte e intenso que hará que los cristales resultantes sean distintivos. También aportará un toque rojizo debido a sus pigmentos carotenoides A parte de su sabor picante proporcionado por la capsaicina. contiene vitamina C, carotenos, vitamina A, B, B2, B3, B6, B9y E y fibra y sales minerales como el potasio, hierro, calcio, fósforo, cinc, selenio y yodo, entre otros.

- **Polvo de *Boletus edulis* deshidratado**

Es un ingrediente muypreciado en la gastronomía que destaca por su sabor, aportará un gusto intenso y un color marrón diferente a los cristales. Es una seta que contiene grandes cantidades de fibra dietética, vitaminas hidrosolubles como la B, B9, B3, C y minerales como el fósforo y potasio.

- **Extracto de gel áloe vera**

El extracto de gel de áloe se utiliza principalmente por sus propiedades curativas, presenta un gusto neutro y color transparente. Este ingrediente aportará a la sal componentes bioactivos y como se presenta en forma líquida se podrá utilizar directamente como disolvente en la cristalización. El gel de áloe vera es la pulpa de las hojas y presenta un color transparente, contiene vitamina A, B1, B2, B3, B6, B9, C, E, aminoácidos como la arginina, lisina, glutamina, valina, metionina, leucina, isoleucina, fenilalanina, triptófano, treonina,.. sales minerales como el calcio, zinc, hierro, potasio, cobre y magnesio, fitoesteroles y taninos, glucosa, fructosa... y tiene funciones antimicrobianas, antiinflamatorias, antitumorales, antisépticas y purificantes entre otras [11].

- **Extracto de té verde (*Camellia sinensis*)**

El té verde es considerado una planta medicinal y destaca por sus propiedades curativas como su poder antioxidante y su efecto diurético. Aportará un gusto aromático y especiado a los cristales. Es una planta que contiene vitaminas A, C y E, polifenoles como las catequinas, aminoácidos, fibra, pectina, flavonoides, taninos y minerales como el azufre, calcio, cobre, hierro, magnesio, fósforo y potasio.

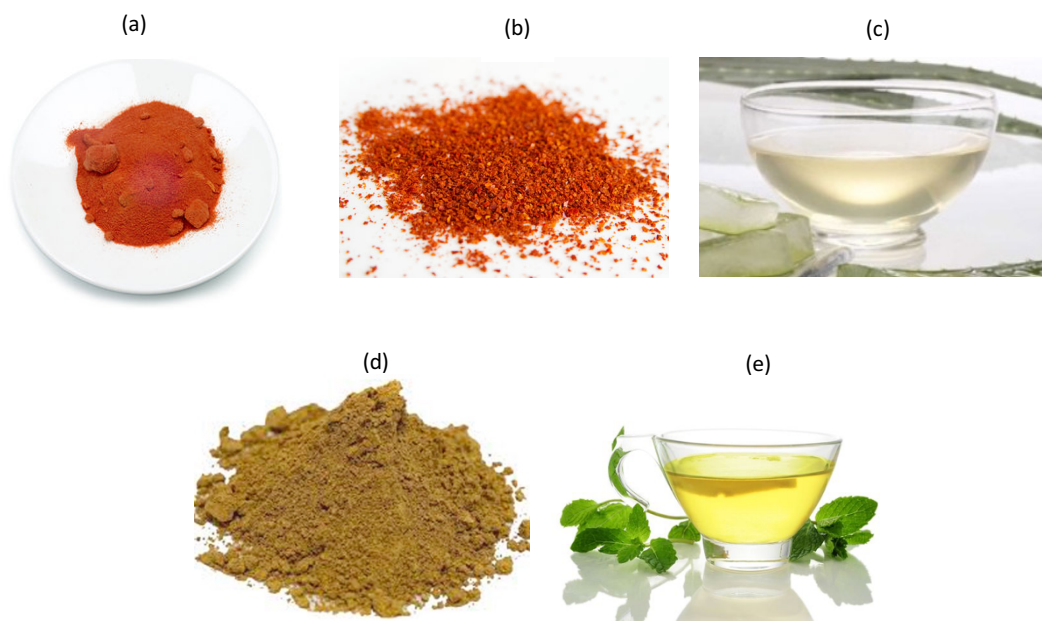


Figura (8): (a) Polvo de tomate liofilizado. Fuente: Guzman gastronomía. (b) Polvo de guindilla deshidratada. Fuente: Robyn Lee. (c) Extracto de áloe vera Fuente: <http://www.lab2000.com.mx/gel-aloe-vera-1x.php>. (d) Polvo de boletus deshidratado. Fuente: <http://www.picantia.net/index.php/linea-gourmet/setas-calabresas> (e) Extracto de te verde. Fuente: <https://actitudsaludable.net/beneficios-te-verde-preguntas-frecuentes/>

3.1.1.3 Aditivos quelantes

▪ Ácido cítrico anhidro (CAA)

El ácido cítrico (E-330) es un ácido tricarboxílico que normalmente se obtiene industrialmente de la fermentación de cepas no tóxicas de *Aspergillus niger* en soluciones de sacarosa. Se usa frecuentemente en la industria alimentaria en la elaboración de bebidas y como aditivo con propiedades saborizantes y conservantes [12]. Tiene efecto quelante, disminuye el pH de un producto o alimento, limitando así su rango de actividad microbológica contribuyendo a una mejor conservación; también se emplea para evitar el pardeamiento de alimentos frescos troceados de origen vegetal y como potenciador de ciertos sabores.

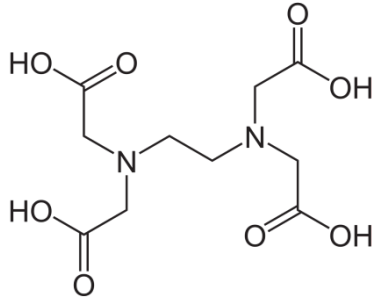
Tabla (5): Propiedades físicas y químicas de ácido cítrico anhidro

Ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico		
Fórmula empírica	$C_6H_8O_7$	
Solubilidad en agua 22°C	133 g/100 ml	
pH en solución 0,1N	2,2	
Punto de fusión	448K (175°C)	
Masa molar	192,12352 g/mol	
Dosis máxima	2,5 g/ kg	
Apariencia	Cristal incoloro	
Color	Incoloro	
Olor	Inodoro	
Gusto	Ácido	

▪ **Ácido etilendiaminetetraacético (EDTA-Na₂):**

El ácido etilendiaminetetraacético (E-385) es un agente quelante más usado. Este compuesto se usa ampliamente en la industria alimentaria, principalmente por su acción quelante, conservante y antioxidante. Encontramos EDTA disódico sobretodo en aderezos, vinagretas, mayonesas, all y oli, salsas, marisco, legumbres y verduras en conserva y en bebidas con gas. Tiene efecto conservante, ya que inhibe el crecimiento bacteriano evita el pardeamiento enzimático de vegetales, En la industria de bebidas y bebidas alcohólicas se emplea como agente clarificante y para mantener el sabor y color.

Tabla (6): Propiedades físicas y químicas del ácido etilendiaminetetraacéticodisódico

Ácido 2-{{2-[bis(carboximetil)amino]etil}(carboximetil)amino}acético		
Fórmula empírica	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	
Solubilidad en agua 20°C	100 g/l	
pH en solución 5%	4,0-5,0	
Punto de fusión	248-254 °C	
Masa molar	372,24 g/mol	
Densidad	1665 kg/m ³ ; 1,665 g/cm ³	
Dosis máxima	2,5 g/ kg	
Apariencia	Cristal en forma de polvo blanco	
Color	Blanco	
Olor	Inodoro	
Gusto	Ácido	

3.1.2 Material de laboratorio

- Vaso de precipitado de capacidad 250 mililitros
- Erlenmeyer de capacidad 25 mililitros
- Varillas
- Espátula cuchara
- Imanes
- Balanza de laboratorio
- Agitador magneto – térmico
- Sonicador Bandelin Sonopuls GM 70
- Estufa de secado con aireación
- Estufa de secado sin aireación
- Microscopio de laboratorio Leica DM 2500 con cámara Leica DFC 280
- Lupa binocular

3.2 Métodos y diseño experimental

3.2.1 Ensayo I: Viabilidad de cristalización de diversos ingredientes

Inicialmente se escogieron diversos ingredientes que podrían aportar un gran sabor o un toque distintivo a las nuevas sales gastronómicas. Estos ingredientes eran tomate cherry pera, guindilla, áloe vera, *Boletus edulis* y té verde.

Para analizar el potencial de recristalización de estos ingredientes se estudiarán los siguientes aspectos:

1. Tamaño de partícula de cada ingrediente con el que se trabajará, teniendo en cuenta que para que este pudiese ser cristalizado debía presentar un diámetro de partícula lo más pequeño e homogéneo posible.

Ingredientes que se trabajarán en forma sólida

- **Tomate cherry pera: liofilizado:** para evitar la formación de aglomerados y evitar una gran pérdida nutricional y organoléptica y posteriormente se trituró en un molinillo de café.
- **Guindilla deshidratada:** se trabajó con guindilla ya deshidratada y se trituró con un molinillo de café lo más finamente posible.
- ***Boletus edulis* deshidratado :** se trabajó con *Boletus* ya deshidratado y se trituró con un molinillo de café.

Ingredientes que se trabajarán en forma líquida

- **Áloe vera:** se utilizó extracto líquido de gel de áloe vera comercial como disolvente para la recristalización de la sal.
 - **Té verde:** se infusionó tres bolsas de té verde en 25 mililitros de agua destilada y la infusión resultante se utilizó como disolvente en la recristalización de la sal.
2. Estudiar la viabilidad de recristalización de los ingredientes con la creación de un medio sobresaturado a base de agua destilada y cloruro de sodio a partir del cual se le adicionaría cada ingrediente y se dejaría cristalizar a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C).

Para recristalizar se siguió el proceso expuesto en el siguiente esquema:

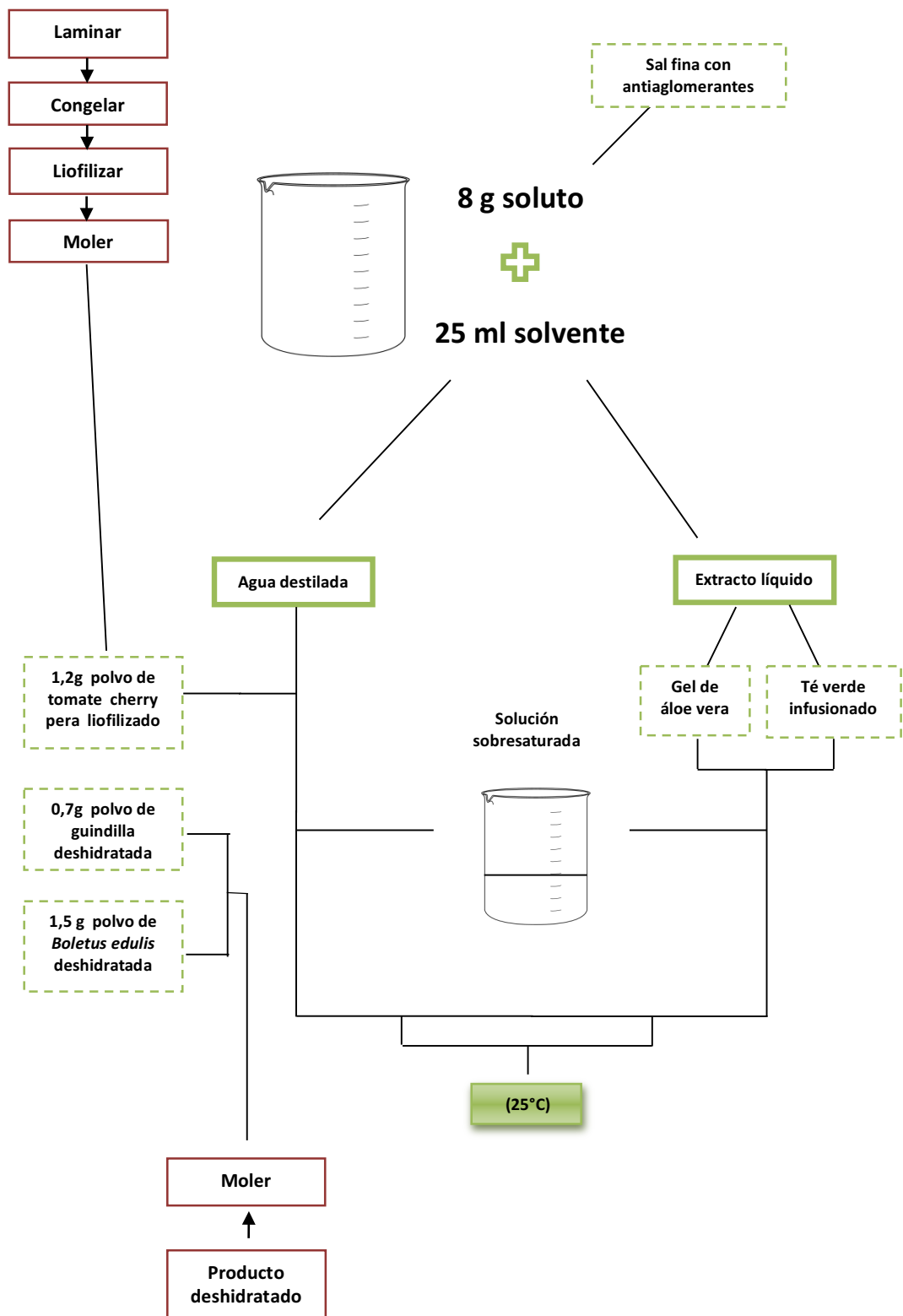


Figura (9): Diseño experimental para el estudio de la viabilidad de cristalización de los ingredientes

Teniendo en cuenta que la solubilidad del cloruro de sodio en agua es de 35,76 g por cada 100 mililitros de agua y que posteriormente se le adicionaría a la solución entre 1 y 2 gramos del ingrediente pulverizado, se preparó una solución sobresaturada utilizando 8 gramos de cloruro de sodio y 25 ml de agua (aproximadamente una relación 1/3 sal/agua). Para realizar la disolución se utilizó un vaso de precipitado de capacidad 250 mililitros junto con un agitador magneto-térmico. Una vez creada la solución se colocó en una placa de Petri de 150 mm de diámetro y se dejó cristalizar durante tres o cuatro días a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C). (figura 9).

Finalmente, de estos ingredientes se seleccionaron aquellos que cristalizaban mejor.

3.2.2 Ensayo II: Comprobación de las mejores condiciones de recristalización

Se realizará una valoración de la influencia de parámetros extrínsecos y para valorar si pueden ayudar a alcanzar la cristalización óptima de nuestras sales gastronómicas; entendiéndola como una buena integración de los ingredientes añadidos y que logre alcanzar un tamaño medio en el menor tiempo posible. Todos los ensayos se realizaron por duplicado para una mejor precisión en los resultados.

Los parámetros extrínsecos que se estudiarán son:

1. La influencia de la temperatura en los diferentes momentos de todo el proceso

- **Proceso de disolución**

Se preparó la disolución a diferentes temperaturas: ambiente (25°C aproximadamente), a 50°C y a 100°C y se estudió aquella temperatura que facilitara alcanzar la sobresaturación deseada.

Se decidió trabajar a 50°C para evitar la ebullición del agua, ya que en caso de alcanzar altas temperaturas el proceso de recristalización se acelera demasiado debido a la evaporación del agua, disminuyendo el período de nucleación.

- **Proceso de cristalización**

Para realizar la cristalización se ensayaron diferentes temperaturas: ambiente (25°C aproximadamente), 30°C, 35°C y 40°C. Posteriormente se evaluó la influencia de las diferentes temperaturas para escoger aquella que alcanzara la cristalización óptima en el tiempo más corto.

2. La influencia de la agitación durante el proceso de disolución

Las disoluciones se prepararon con un agitador magnético ya que manualmente se alcanzaría la sobresaturación en un tiempo demasiado largo. Se utilizaron distintas revoluciones por minuto (0 – 1000 rpm) para valorar cual era la mejor velocidad para trabajar.

3. La influencia de los ultrasonidos una vez alcanzada la solución homogénea

El funcionamiento de la sonicación se basa en la transferencia de energía eléctrica a un sistema mecánico que la convertirá en vibraciones de alta intensidad que generaran ondas de ultrasonido. En un medio líquido, estas vibraciones generan burbujas microscópicas que sufrirán procesos de expansión y compresión, generando el fenómeno de la cavitación. Utilizaremos este equipo ya que la cavitación generada por la sonicación puede ayudar a acelerar el proceso de disolución puesto que rompe las interacciones intermoleculares [13].

Para valorar la influencia que ejerce la aplicación de los ultrasonidos se utilizó un aparato de ultrasonidos modelo Bandelin Sonopuls GM70 de 42 KHz de potencia durante 5 minutos. Así valoramos la influencia que ejerce la aplicación de los ultrasonidos en la integración de los ingredientes y en su posterior recristalización, comparando los resultados con la recristalización sin sonicar (figura 10).

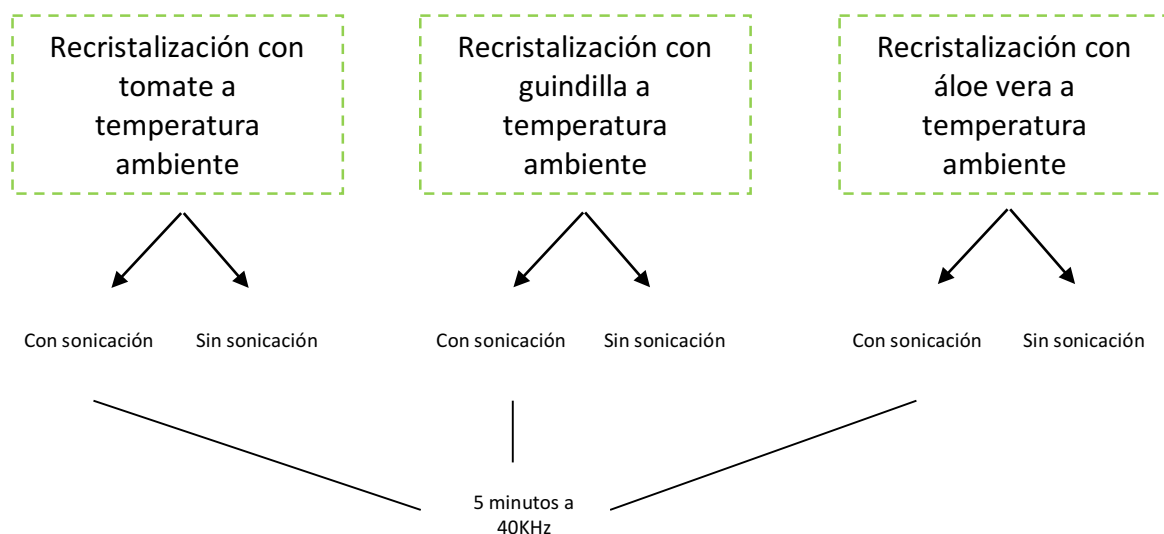


Figura (10): Estudio de la influencia que puede ejercer la sonicación en la cristalización.

3.2.3 Ensayo III: Influencia que ejerce la presencia o no de antiaglomerantes y el tamaño y tipología de sal empleadas en la recrystalización

1. Influencia de los antiaglomerantes presentes en diversas sales para recrystalizar

La sal de mesa que se comercializa puede presentar antiaglomerantes (generalmente ferrocianuro de potasio) para evitar la humectación y como consecuencia la formación de aglomerados, facilitando así su manipulación. La presencia de estos aditivos puede alterar la recrystalización, llegando a modificar su comportamiento obteniendo unos cristales resultantes con características morfológicas distintas.

Para ello se realizaron recrystalizaciones con sal fina con antiaglomerante y sal fina sin antiaglomerante, siguiendo el mismo proceso de la figura 9 con los ingredientes seleccionados. Se realizaron dos réplicas de cada ensayo para una mejor precisión en los resultados.

2. Influencia de la tipología de la sal usada para recrystalizar

Existen muchas variedades de sal que presentan tamaños, formas y estructuras diferentes para obtener cada una de ellas se han practicado distintos procesos de elaboración. Es por eso que existe la posibilidad de que si se utilizan distintas sales para recrystalizar puedan ofrecer unos cristales resultantes con propiedades físicas distintas.

Para ello, se realizaron recrystalizaciones con sal fina y sal gruesa con antiaglomerantes y sal Maldon sin antiaglomerantes siguiendo el modelo de cristalización explicado en la figura 9 con los alimentos escogidos. Se realizaron dos réplicas de cada ensayo para una mejor precisión en los resultados.

3.2.4 Ensayo IV: Efecto de la adición de aditivos quelantes en la recrystalización

La influencia de la adición de aditivos quelantes en la solución salina saturada es otro parámetro a tener en cuenta ya que podrían inhibir o catalizar la recrystalización, y por lo tanto, variar sus propiedades físicas, como el tamaño, morfología e índice de aglomeración de los cristales resultantes.

Con este objetivo se ha utilizado ácido cítrico anhidro y EDTA- Na_2 a diferentes concentraciones (0,1 y 0,5M) teniendo en cuenta las condiciones óptimas de recrystalización obtenidas en los ensayos anteriores.

Para poder analizar correctamente la influencia de estos dos quelantes y el efecto de su concentración se planteó el siguiente diseño experimental descrito en la figura 11 y se realizaron los ensayos siguientes por duplicado, para obtener resultados más precisos:

1. Influencia de los aditivos quelantes a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C)
2. Influencia de los aditivos quelantes a diferentes (25°C, 30°C, 35°C y 40°C).

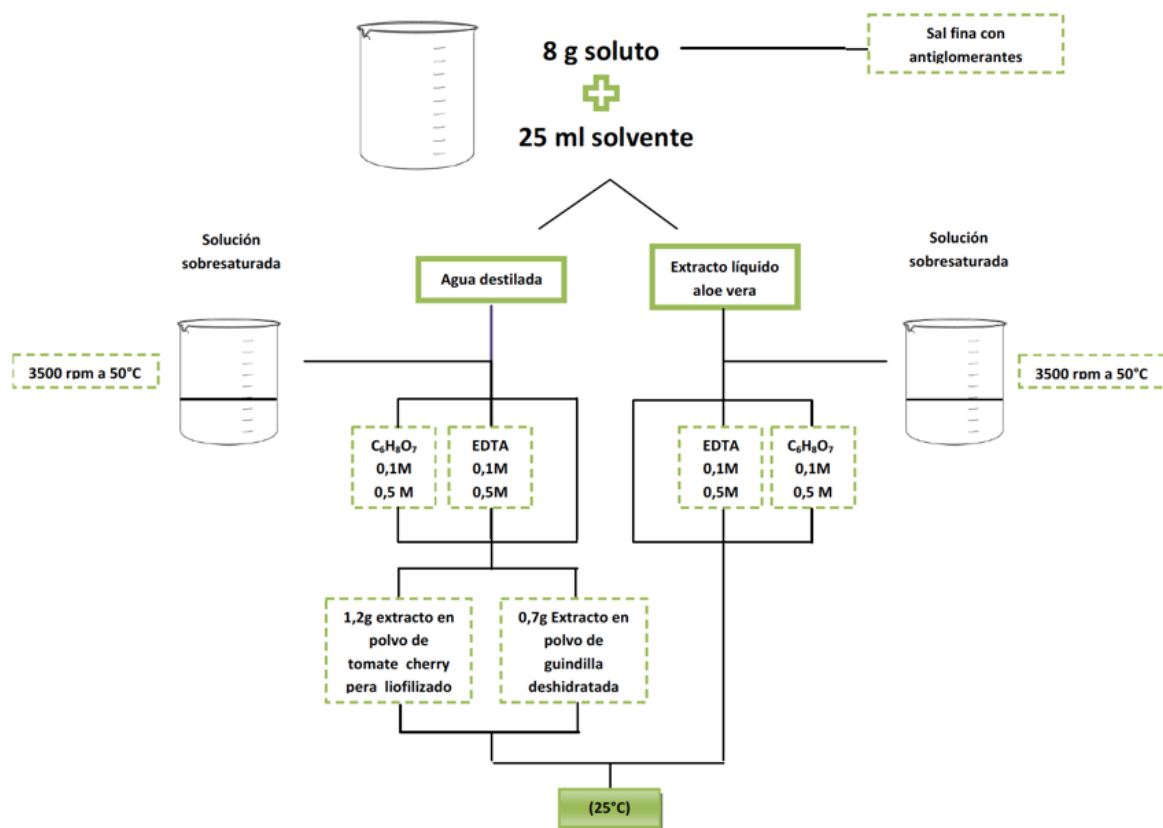


Figura (11): Diseño experimental del estudio de la influencia de los aditivos quelantes en la cristalización

3.2.5 *Ensayo V: Análisis de las preferencias de los consumidores hacia las sales gastronómicas*

Para poder evaluar la predisposición del consumidor ante este nuevo producto y comprobar a que segmento de población va dirigida, para poder competir con el mercado existente, se ha realizado un estudio de potenciales consumidores. De esta manera pretendemos fortalecer nuestras debilidades y situarnos en el marco en el que el podamos acceder a un mayor número de consumidor y aumentar su satisfacción .

Para ello nos centraremos en los siguientes aspectos:

1. Conocer el potencial tamaño del mercado en el que queremos entrar. Así como número de conocedores y consumidores actuales de sales gourmet o sucedáneos.
2. Valorar la satisfacción de los consumidores ante las sales gastronómicas.
3. A partir de los hábitos de compra, analizar cómo adaptar nuestros productos y servicios a los deseos y necesidades de los posibles consumidores.
4. Estimar el precio de nuestros productos según las percepciones de los potenciales consumidores.
5. Identificar el perfil de los consumidores que les interesa este tipo de producto alimentario.

Metodología aplicada

Se realizará un estudio basado en encuestas donde posteriormente se analizarán las percepciones del público frente las estas sales gastronómicas.

El estudio sobre la viabilidad en el mercado de nuestro nuevo producto se realizará en el barrio se Sant Gervasi, en Barcelona, con una población de 140.461 habitantes a partir de un muestreo aleatorio simple. El cálculo del tamaño de muestra de población a investigar se realizará a partir de los cálculos de muestras de población.

Taula (7): Aspectos estadísticos empleados para calcular el número de encuestados

Nivel de confianza	95%
Margen de error	7,4%
Muestra de población	175

En la encuesta se han utilizado preguntas breves y concisas, incorporando el número máximo de conceptos posibles para un mejor análisis del cuestionario. Para ello se preguntarán sobre los hábitos de consumo, compra, salud y cuestiones relacionadas sobre el nuevo producto tales como valoración de precio, sabor, diseño... y también se pedirá algunos datos personales. Todos estos datos nos servirán para corroborar el comportamiento de los consumidores en función de la edad, sexo o situación laboral. (Anexos)

A partir del programa IBM SPSS statistics se codificarán y estudiarán las respuestas proporcionadas por los consumidores. Los diferentes análisis que se realizarán para obtener la información necesaria para la investigación de mercado serán los siguientes:

- Análisis univariantes, donde se analizará descriptivamente los datos nominales y escalares.
- Análisis bivariantes, donde se relacionarán dos variables a partir del estadístico chi-cuadrado.
- Generación de gráficos simples de variables, donde se podrán generar gráficos para una o varias variables.

Packaging

El packaging para la comercialización de este producto está formado por tres tubos de ensayos de vidrio cómodamente dispuestos en una base rectangular de madera de balsa. Se intenta recrear un tradicional especiero que permita almacenar de manera ordenada nuestras sales gastronómicas teniendo siempre en cuenta la estética y el diseño actual. Para evitar la humectación y mejorar su conservación se ha creado un sistema de cierre con unos tapones de corcho manteniendo la estética del envase. Cada especiero constará de tres tubos, con una capacidad de 25 gramos cada uno, alcanzando un peso neto de 75 gramos.

4. Resultados y discusión

Teniendo en cuenta que la cristalización es un proceso complejo y aún no muy conocido, los resultados presentados en el presente trabajo serán una primera aproximación en el estudio de recrystalizaciones con soluciones sobresaturadas con cloruro de sodio e ingredientes.

4.1 Ensayo I: Viabilidad de cristalización de diversos ingredientes

Para la recrystalización de los diferentes ingredientes se siguieron los pasos expuestos en la figura 9. A partir de los cristales resultantes pudimos comprobar su viabilidad de cristalización y escoger tres de los ingredientes con mayor potencial. Nuestro criterio de elección se basó en:

1. Ingrediente que se integró correctamente dentro de los cristales resultantes.
2. Ingrediente que cristalizó correctamente y que presentaba un tamaño de partícula mediano, es decir, un tamaño de 0,5 centímetros de base, similar al de la sal Maldon.
3. Ingrediente que aportaba un buen gusto y aroma a los cristales resultantes, mediante una evaluación sensorial personal descartando aquellos gustos que pudieran ser extraños.

De manera resumida, creamos la siguiente tabla donde se recoge la valoración de los tres aspectos a estudiar en cada uno de los ingredientes.

Tabla (8): Valoración de los aspectos a estudiar de las recrystalizaciones de los diferentes ingredientes

Ingrediente	Integración en los cristales	Tamaño óptimo de los cristales	Gusto y aroma
Tomate cherry pera liofilizado	✗	✓	✓
Guindilla deshidratada	✓	✓	✓
<i>Boletus edulis</i> deshidratado	✗	✓	✓
Extracto de aloe vera	✓	✓	✓
Infusión de té verde	✓	✗	✓

Antes de descartar aquellos ingredientes que no presentaban correctamente alguno de los aspectos mencionados, se intentó hallar la problemática para poder mejorar la recrystalización.

4.1.1 Tomate cherry pera liofilizado

La primera recrystalización con tomate no presentó una buena integración del ingrediente en sus cristales resultantes, esto fue debido a que el tamaño de partícula que presentaba el tomate liofilizado no era suficientemente pequeño para poder integrarse correctamente en los núcleos de los cristales. Para ello, se molió el liofilizado hasta conseguir un tamaño de partícula de aproximadamente 75 micras. Esta reducción de tamaño mejoró el producto final por completo (figura 12).

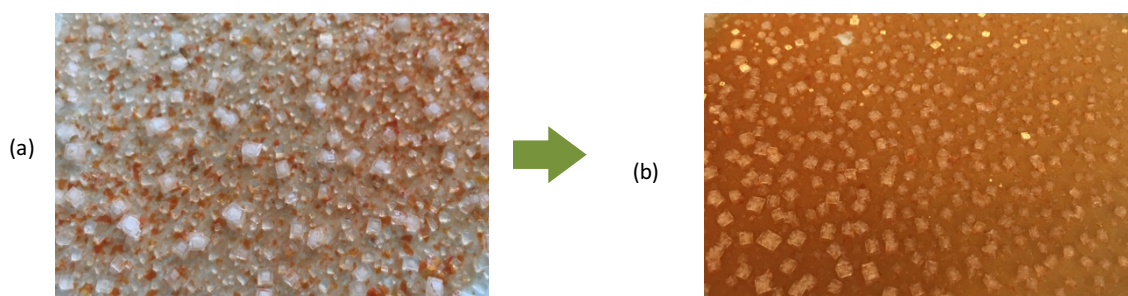


Figura (12):(a) Recrystalización inicial con un tamaño de partícula de polvo grande. (b) Recrystalización resultante de la disminución del tamaño de partícula de polvo.

4.1.2 Boletus edulis deshidratado

Como en el caso anterior, este ingrediente también presentó problemas para integrarse correctamente en los cristales. Se realizó la misma práctica y se molió el producto deshidratado hasta conseguir un tamaño de partícula mucho menor.

A diferencia tomate cherry pera, la recrystalización de este ingrediente no mejoró con la reducción del tamaño. Por consiguiente, se decidió descartarlo.

4.1.3 Infusión de té verde

Los cristales resultantes de la recrystalización de té verde presentaban un tamaño de partícula muy pequeño y un índice de aglomeración elevado que dificultaba por completo su manipulación. La población de cristales que ofrecía esta sal en un volumen de 25 mililitros era muy elevada, se observaba un gran número de núcleos y un crecimiento de estos muy reducido dificultando alcanzar una cristalización óptima.

Para lograr las dimensiones de los cristales deseados se indujo una nucleación secundaria, añadiendo cristales de sal en el seno de la solución, ofreciendo nuevos núcleos. De este modo la cristalización se vería condicionada por la presencia de unidades constructivas de la misma fase.

A posteriori, se pudo confirmar que las nuevas modificaciones no consiguieron mejorar en absoluto el crecimiento de los cristales ni su morfología. En la siguiente figura 13 se puede

apreciar la ausencia de alteraciones en los cristales resultantes, sin alcanzar la calidad deseada. Por ende, se decidió descartar este ingrediente.

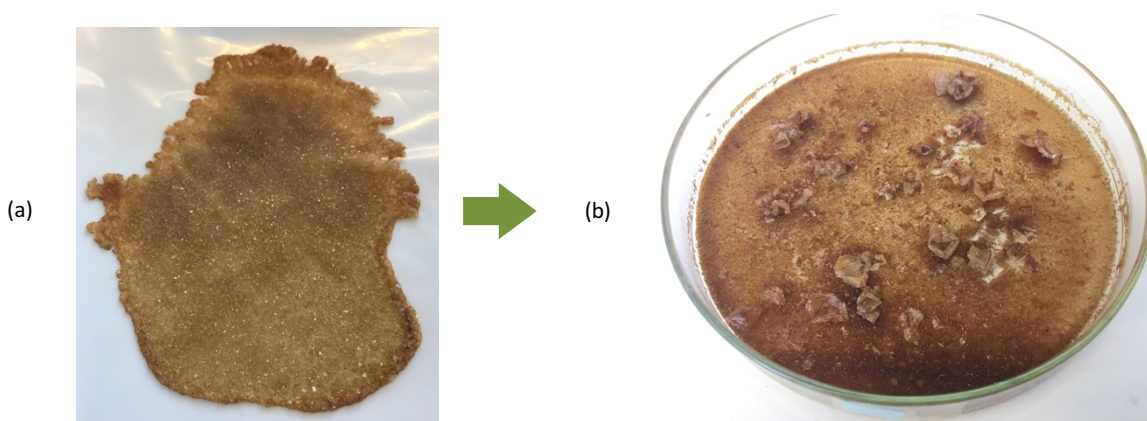


Figura (13): (a) Recristalización inicial con un índice de aglomeración elevado y un tamaño de partícula muy reducido. (b) Recristalización resultante de la adición de partículas de la misma fase en el seno de la solución.

4.2 Ensayo II: Comprobación de las mejores condiciones de recristalización

1. Influencia de la temperatura en los diferentes momentos del proceso

4.2.1 Proceso de disolución

Se decidió trabajar a 50°C para evitar la ebullición del agua, ya que en caso de alcanzar altas temperaturas el proceso de recristalización se acelera demasiado, disminuyendo su período de nucleación lo que dio como consecuencia la obtención de cristales muy pequeños, irregulares y amorfos que formaron aglomerados.

No se trabajó a temperatura ambiente puesto que aunque la solubilidad del cloruro de sodio es relativamente independiente a la temperatura, trabajar a 50°C aceleró mínimamente el proceso, por un aumento de su solubilidad en un 1% aproximadamente.

4.2.2 Proceso de cristalización

Para optimizar el proceso de recristalización, se evaluó la influencia de la temperatura de evaporación a cuatro temperaturas diferentes. Considerando temperatura óptima de evaporación aquella temperatura que en el menor tiempo posible ofrece las características físico-químicas deseadas de los cristales resultantes.

Se debe tener en cuenta que al realizar las repeticiones, las condiciones de trabajo no fueron exactamente las mismas, por esta razón podía existir la posibilidad de alteraciones en la

recristalización resultante. Los factores que podían influenciar dicha conducta fueron los siguientes:

- Temperatura ambiente del laboratorio
- Morfología del imán agitador empleado en el agitador magneto-térmico
- Tipología de agitador magneto-térmico
- Tipología de estufa
- Aireación durante el proceso de cristalización
- Distinta procedencia de los ingredientes

Aunque el comportamiento de cada ingrediente y su respectiva réplica no fueron idénticos, se decidió hallar aquellas tres temperaturas de evaporación que presentasen mejor resultado en ambas repeticiones.

Para poder explicar los cambios que presentaban los ensayos realizados, se observó el nivel de población, nucleación, crecimiento cristalino, morfología de los cristales, nivel de aglomeración y tiempo requerido. El criterio para poder cuantificar estos términos fue la comparación de la muestra recristalizada respecto lo que en este trabajo entendemos como cristalización óptima (tamaño (0,5cm) y cristalización similar a la sal Maldon) teniendo en cuenta que un crecimiento muy rápido comporta cristales de menor tamaño y si hay muchos núcleos la nucleación será más lenta.

4.2.2.1 Tomate cherry pera liofilizado

A medida que aumenta la temperatura, disminuye la velocidad de nucleación y por consiguiente incrementa la creación de clústers (tabla 9). La solución sobresaturada dispone de tiempo suficiente para producir una gran población de núcleos mientras la solución se evapora. Debido a una velocidad de nucleación lenta y la evaporación de una parte de la solución, la velocidad de crecimiento cristalino se acelera obteniendo cristales resultantes de pequeño tamaño (figura 14).

Finalmente, la temperatura que escogeremos como óptima para la **recristalización con tomate será 30°C**, debido al bajo tiempo requerido para alcanzar la cristalización y a las características óptimas que presentan sus cristales resultantes.

Las segundas réplicas que se recristalizaron en estufa con aireación presentaron un aspecto erosionado. Podemos concluir que la aireación afecta negativamente al crecimiento cristalino.

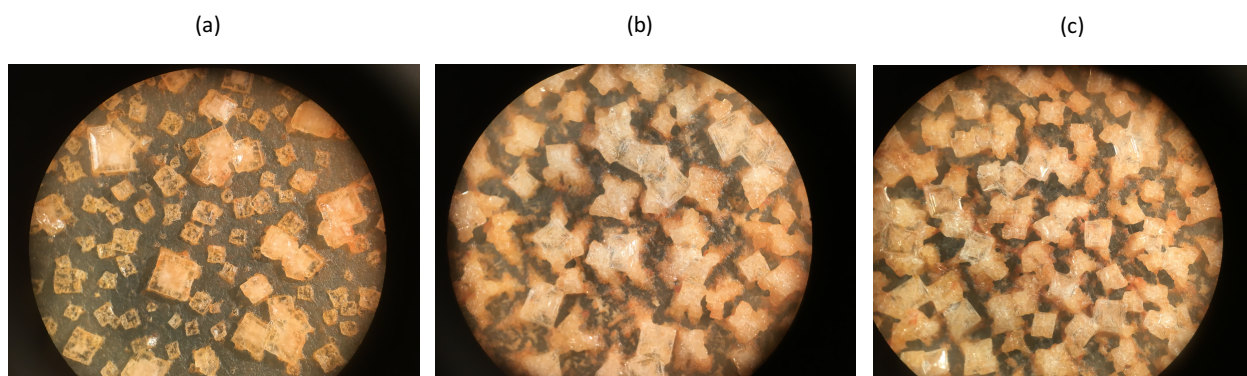


Figura (14): (a) Recristalización de tomate a 25°C. (b) Recristalización con tomate a 30°C con aireación. (c) Recristalización tomate a 40°C con aireación. aumento 8x

Tabla (9): Descripción del comportamiento de las recristalizaciones de tomate a diferentes temperaturas de evaporación.

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
25°C	Nivel de población: correcto Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: media e irregular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: bastante bajo Tiempo requerido: 4 días	
30°C	Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: alta Velocidad de crecimiento cristalino: bastante baja y bastante regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: medio. Tiempo requerido: 3-4 días	
40 °C	Nivel de población: excesivamente elevado Velocidad de nucleación: extremadamente baja Velocidad de crecimiento cristalino: muy alta y regular Cristales con morfología no deseada Nivel de aglomeración: elevado Tiempo requerido: 4 días.	Nivel de población: elevado Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: medio-alto y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: medio-alto. Tiempo requerido: 4 días

4.2.2.2 Guindilla deshidratada

A diferencia de las recrystalizaciones con tomate y extracto de áloe vera, el comportamiento de este ingrediente frente al incremento de temperatura fue totalmente distinto, no seguía ningún patrón gradual como el caso anterior.

El primer incremento de 5°C (recrystalización a 30°C), implicó un descenso en la velocidad de nucleación y en la velocidad de crecimiento de los cristales. Es decir, el incremento de temperatura aumentó la formación de núcleos y su crecimiento en un menor tiempo, siendo así una temperatura evaporación que se podría calificar como óptima.

El segundo incremento de 10°C (recrystalización a 40°C) causó el efecto contrario, en un mayor tiempo la formación de núcleos disminuyó del mismo modo que su crecimiento. No se ha podido esclarecer el porqué del aumento en la velocidad de nucleación y del crecimiento cristalino y por ello se descartó la recrystalización a 40°C.

Finalmente, la temperatura que escogeremos como óptima para la **recrystalización con guindilla será 30°C**, debido al bajo tiempo requerido para alcanzar la cristalización y a las características óptimas que presentan sus cristales resultantes.

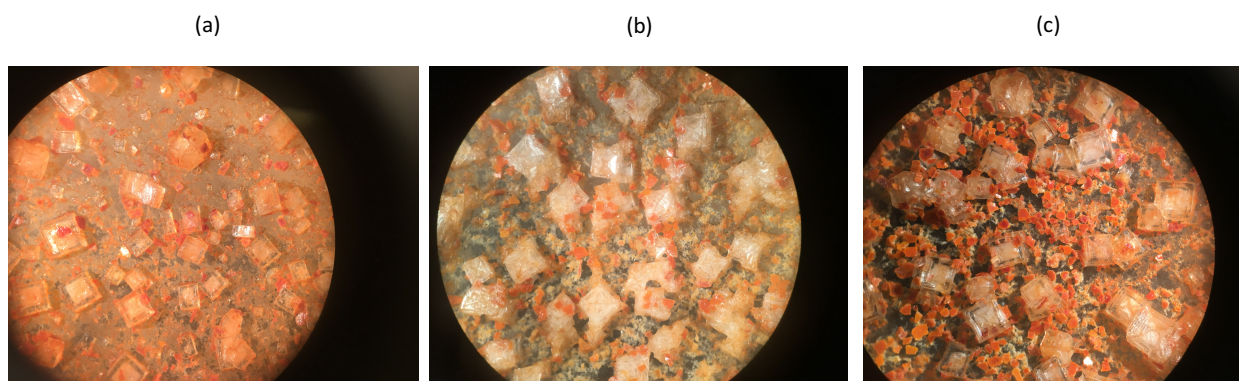


Figura (15): (a) Recrystalización de guindilla a 25°C. (b) Recrystalización de guindilla a 30°C. (c) Recrystalización de guindilla a 40°C. aumento 8x

Tabla (10): Descripción del comportamiento de las recrystalizaciones con guindilla a diferentes temperaturas de evaporación.

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
25°C	Nivel de población: correcto Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: media un poco irregular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: inexistente. Tiempo requerido: 4 días	
30°C	Nivel de población: correcto Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: media – baja y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: muy bajo Tiempo requerido: 3-4 días	
40 °C	Nivel de población: correcto Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: media – baja y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: casi inexistente Tiempo requerido: 4 días	

4.2.2.3 Extracto de áloe vera

Observamos que un incremento en la temperatura de evaporación conlleva un aumento en la formación de núcleos gradual, es decir, cuanto mayor sea este incremento mayor será la formación de núcleos. En cuanto al crecimiento de los cristales, se ve condicionado con la ampliación de la población, de modo que a los 30°C se disminuye la velocidad de crecimiento y a los 40°C se acelera la velocidad de crecimiento debido a la mayor generación de núcleos.

Finalmente se escogió los **25°C como temperatura óptima** de evaporación, ya que era la única recrystalización que presentaba una morfología de los cristales correcta y con un bajo nivel de aglomeración.

Las segundas réplicas que se recrystalizaron en estufa con aireación presentaron un aspecto erosionado. Podemos concluir que la aireación afecta negativamente al crecimiento cristalino.

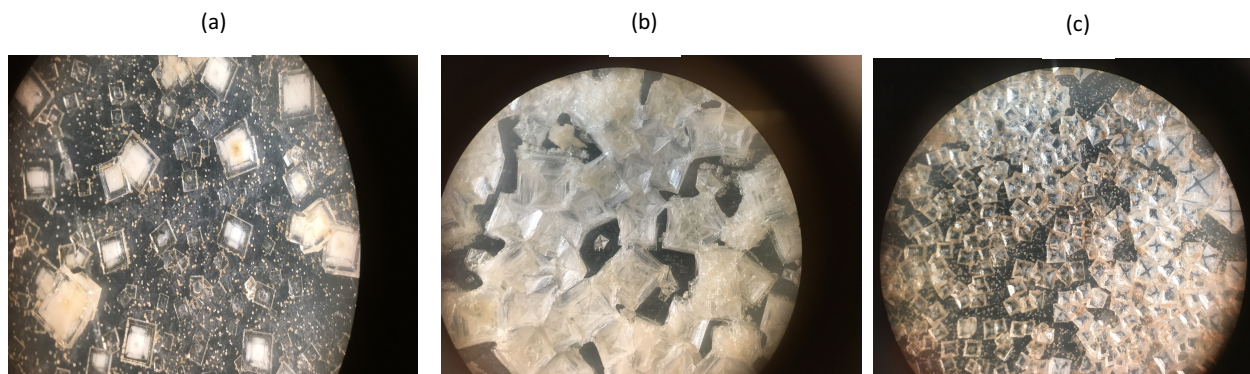


Figura (16): (a) Recristalización con extracto de áloe vera a 25°C. (b) Recristalización con extracto de áloe vera a 30°C con aireación. (c) Recristalización con extracto de áloe vera a 40°C con aireación. aumento 8x

Tabla (11): Descripción del comportamiento de las recristalizaciones con extracto líquido de áloe vera a diferentes temperaturas de evaporación.

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
25°C	<p>Nivel de población: correcto</p> <p>Velocidad de nucleación: media-alta</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: media e irregular</p> <p>Cristales con morfología deseada</p> <p>Nivel de aglomeración: bastante bajo</p> <p>Tiempo requerido: 4 días</p>	<p>Nivel de población: un poco escaso</p> <p>Velocidad de nucleación: media</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: media</p> <p>Cristales con morfología deseada</p> <p>Nivel de aglomeración: bastante bajo</p> <p>Tiempo requerido 4 días</p>
30°C	<p>Nivel de población: alto</p> <p>Velocidad de nucleación: media</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: muy baja</p> <p>Cristales con morfología no deseada</p> <p>Nivel de aglomeración: muy alto.</p> <p>Tiempo requerido: 3-4 días</p>	
40 °C	<p>Nivel de población: muy alto</p> <p>Velocidad de nucleación: muy baja</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: alta y</p> <p>Cristales con morfología no deseada</p> <p>Nivel de aglomeración: elevado</p> <p>Tiempo requerido: 4 días.</p>	<p>Nivel de población: demasiado alto</p> <p>Velocidad de nucleación: muy baja</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: alta</p> <p>Cristales con morfología no deseada</p> <p>Nivel de aglomeración: elevado</p> <p>Tiempo requerido: 4 días</p>

2. La influencia de la agitación durante el proceso de disolución

Se escogió trabajar a **350 rpm** dado que a una elevada velocidad, la fuerza de homogenización que ejercería el agitador impregnaría las paredes del recipiente con el ingrediente o con los aditivos, lo cual comportaría una mayor heterogeneidad de la muestra.

3. La influencia de los ultrasonidos una vez alcanzada la solución homogénea

Se puede afirmar que la aplicación de **ultrasonidos** presenta **efectos positivos** en el proceso de disolución. Puesto que esta técnica ayuda a la rotura de las interacciones intermoleculares, ayuda a acelerar el proceso de disolución de todos los ingredientes. Todas las muestras sonicadas presentaron una mayor homogeneidad (figura 17):

Además de mejorar las características de la disolución, la aplicación de ultrasonidos acorta el tiempo empleado para obtener la disolución deseada, optimizando dicho proceso. Asimismo, ayuda a reducir las impurezas que puede presentar la solución obteniendo una mejor distribución de tamaño de los cristales resultantes. También ayuda a promover la nucleación siendo así una técnica totalmente recomendada en procesos de recristalización.

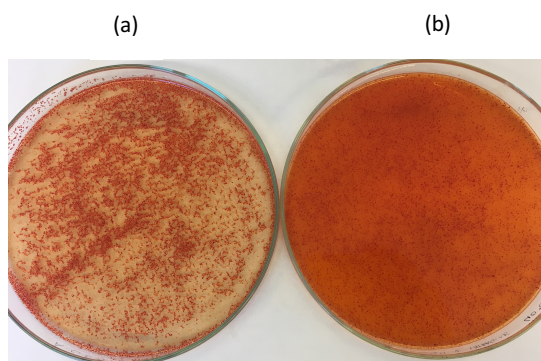


Figura (17): (a) Recristalización de guindilla sin sonicación. (b) Recristalización de guindilla con sonicación

4.3 Ensayo III: Influencia que ejerce la presencia o no de antiaglomerantes y el tamaño y tipología de sal empleadas en la recristalización

Para valorar la influencia ejercida por la presencia de antiaglomerantes y la tipología de sal empleada, las muestras se prepararon en un agitador magneto-térmico a 50°C a 350 rpm, se cristalizaron a temperatura ambiente y sin practicar la sonicación. Se llevaron a cabo recristalizaciones básicas, para poder observar realmente la influencia que desempeñaban estos factores.

1. Influencia de los antiaglomerantes presentes en diversas sales para recristalizar

Se puede afirmar que la presencia del aditivo (E-536) ejerce una influencia notable en la recristalización. Si comparamos las dos muestras, véase la figura 18, observamos que los antiaglomerantes limitan tanto la nucleación como el crecimiento cristalino, obteniendo una sal donde no prima la proporcionalidad de tamaño de los cristales resultantes. También podemos decir que este aditivo aparte de limitar el crecimiento cristalino y crecer de manera irregular, no cumplen eficientemente su función ya que la sal aún presenta cierta aglomeración.

Escogeremos la **sal sin presencia de aditivos antiaglomerantes** para una recristalización óptima.

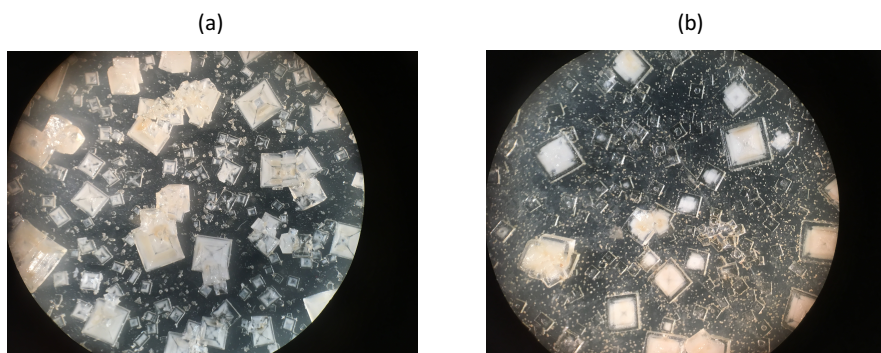


Figura (18): (a) Recristalización con extracto de áloe vera a 25°C con sal sin antiaglomerantes.
(b) Recristalización con extracto de áloe vera a 25°C con sal con antiaglomerantes. aumento 8x

Tabla (12): Descripción de la influencia ejercida por la presencia de antiaglomerantes en las sales empleadas para recrystalizar.

	SAL FINA SIN PRESENCIA DE ANTIAGLOMERANTES A 25°C	SAL FINA CON PRESENCIA DE ANTIAGLOMERANTES A 25°C
RÉPLICA 1	<p>Nivel de población: elevado</p> <p>Velocidad de nucleación: bastante baja</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: media y poco irregular</p> <p>Cristales con morfología deseada</p> <p>Nivel de aglomeración: bastante alto</p> <p>Tiempo requerido: 4 días</p>	<p>Nivel de población: medio-alto</p> <p>Velocidad de nucleación: media</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: alta e irregular</p> <p>Cristales con morfología no deseada debido a la poca proporcionalidad en el tamaño de los cristales.</p> <p>Nivel de aglomeración: medio</p> <p>Tiempo requerido: 4 días</p>
RÉPLICA 2	<p>Nivel de población: elevado</p> <p>Velocidad de nucleación: bastante baja</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: media e irregular</p> <p>Cristales con morfología deseada</p> <p>Nivel de aglomeración: bastante alto</p> <p>Tiempo requerido: 4 días</p>	<p>Nivel de población: medio-alto</p> <p>Velocidad de nucleación: media</p> <p>Velocidad de crecimiento cristalino: alta e irregular</p> <p>Cristales con morfología no deseada debido a la poca proporcionalidad en el tamaño de los cristales</p> <p>Nivel de aglomeración: medio</p> <p>Tiempo requerido: 4 días</p>

2. Influencia de la tipología de la sal usada para recrystalizar

Cualquier tipo alteración tanto en la cristalización como en los materiales empleados podrá modificar la conducta de la recrystalización. Es por ello que emplear una sal con un proceso de obtención diferente al de las sales empleadas anteriormente, presentará un comportamiento cristalino distinto. Como se puede observar en la figura 19, las recrystalizaciones a partir de sal Maldon presentan un nivel alto de aglomeración, con la particularidad de formar una especie de círculos por toda la superficie.

La **sal Maldon no es considerada una buena opción** de trabajo ya que esta peculiaridad dificulta su manipulación y aquellas características denominadas como óptimas también las presenta la recrystalización con sal fina sin antiaglomerantes.

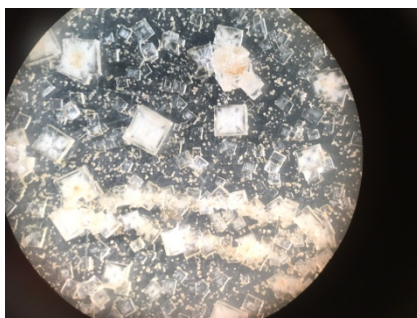


Figura (19): Recrystalización con extracto de áloe vera a 25°C con sal Maldon sin presencia de antiaglomerantes. aumento 8x

Tabla (13): Descripción de la influencia ejercida por la tipología de sal empleada para recrystalizar.

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
SAL MALDON A 25°C	Nivel de población: alto Velocidad de nucleación: bastante baja Velocidad de crecimiento cristalino: media y poco irregular Cristales con la morfología deseada Nivel de aglomeración: bastante alto Tiempo requerido: 4 días	Nivel de población: alto Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: media e irregular Cristales con la morfología deseada Nivel de aglomeración: alto Tiempo requerido: 4 días

4.4 Ensayo IV: Efecto de la adición de aditivos en la recrystalización

Para evaluar el efecto que ejercen los aditivos EDTA- Na_2 y ácido cítrico anhidro en las cristalizaciones, se siguió el diseño de la figura (11). Todas las soluciones empleadas fueron preparadas en un agitador magneto-térmico a 50°C y a 350 rpm, posteriormente se les aplicó la sonicación durante 5 minutos a 40 KHz para alcanzar la solución sobresaturada deseada.

Como se ha comentado en el ensayo II, las condiciones de trabajo de las diferentes réplicas fueron distintas, de modo que siempre existe la posibilidad de alteración en el comportamiento de las diferentes recrystalizaciones.

Se observó el comportamiento de cada ingrediente a nivel individual frente a las diferentes concentraciones de los aditivos, y a su vez también se estudian conjuntamente con las diferentes temperaturas de evaporación. Las temperaturas de evaporación escogidas serán 30°C y 40°C, ya que trabajar a temperatura ambiente normalmente ralentiza el proceso de cristalización.

De este modo, habremos analizado la mayoría de aspectos que pueden llegar a condicionar una cristalización, obteniendo así un producto óptimo y de calidad.

4.4.1 Tomate cherry pera liofilizado

1. Efecto de la concentración del ácido cítrico anhidro (0,1-0,25M) y temperaturas de recrystalización

El efecto de la adición de ácido cítrico anhidro en la mayoría de recrystalizaciones no ha sido positiva, puesto que ha aumentado mucho el nivel de aglomeración de los cristales, véase la siguiente figura 20.

Podemos decir que este aditivo ayuda a la formación de nuevos núcleos ofreciendo una velocidad de nucleación menor, que finalmente se reduce a una mayor población de cristales. En cuanto al crecimiento cristalino, no presenta mucha diferencia frente a las muestras

recristalizadas con ausencia de agentes quelantes, solamente observamos un leve aumento en el tamaño de los cristales.

En la réplica 1, la concentración de aditivo que ofrece una mejor cristalización es 0,1M y en la réplica 2 exceptuando el alto nivel de aglomeración 0,25M.

En lo referente a la influencia de la temperatura en todas las soluciones con adición de quelantes podemos decir que la **mejor temperatura es 30°C**, ya que presentan una mejor población de cristales a nivel morfológico en el menor tiempo posible.

En resumen, no se puede concretar que concentración es la más viable debido al diferente comportamiento que han presentado ambas réplicas (figura 20). En el caso de las segundas réplicas, este aditivo no presenta las suficientes mejoras como para ser recomendado para una cristalización óptima, por ende, se descartaría como posible aditivo en recristalizaciones con tomate cherry pera. Debemos tener en cuenta que la aplicación de aireación en las segundas réplicas no fue positiva debido al marcado aspecto erosionado que presentaban.

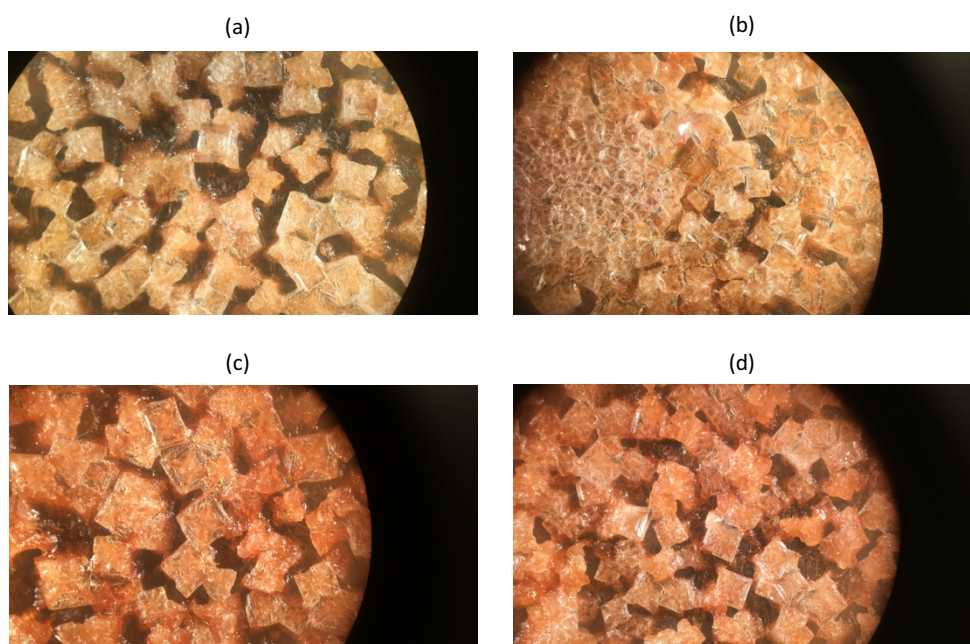


Figura (20): (a) Recristalización de tomate con ácido cítrico 0,1M a 30°C con aireación. (b) Recristalización de tomate con ácido cítrico 0,1M a 40°C con aireación. (c) Recristalización de tomate con ácido cítrico 0,25M a 30°C con aireación. (d) Recristalización de tomate con ácido cítrico 0,25M a 40°C con aireación. aumento 8x

Tabla (14): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico en el comportamiento de las recrystalizaciones con polvo de tomate cherry pera liofilizado a 30°C y 40°C

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
0,1 M 30°C	Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: media y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: bastante bajo Tiempo requerido 3-4 días	Nivel de población: elevado Velocidad de nucleación: bastante baja Velocidad de crecimiento cristalino: media y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: bastante alto Tiempo requerido: 3-4 días
0,1 M 40°C	Nivel de población: muy elevado Velocidad de nucleación: extremadamente baja Velocidad de crecimiento cristalino: alta y regular Cristales con la morfología no deseada. Nivel de aglomeración: muy alto Tiempo requerido: 3-4 días	Nivel de población: muy elevado Velocidad de nucleación: extremadamente baja Velocidad de crecimiento cristalino: alta e irregular Cristales con morfología no deseada Nivel de aglomeración: excesivamente alto Tiempo requerido: 3-4 días
0,25 M 30°C	Nivel de población: extremadamente elevado Velocidad de nucleación: extremadamente baja Velocidad de crecimiento cristalino: extremadamente alta y regular Cristales con morfología no deseada Nivel de aglomeración: bastante alto Tiempo requerido: 4 días	Nivel de población: elevado Velocidad de nucleación: baja Velocidad de crecimiento cristalino: media-baja y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: bastante alto Mantiene el color del ingrediente evitando su pardeamiento. Tiempo requerido: 4 días
0,25 M 40°C	Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: baja y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: casi inexistente. Tiempo requerido: 4 días	Nivel de población: elevado Velocidad de nucleación: baja Velocidad de crecimiento cristalino: media y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: bastante alto Mantiene el color del ingrediente evitando su pardeamiento Tiempo requerido: 4 días

2. Efecto de la concentración de EDTA- Na_2 (0,3-0,45M) y temperaturas de recrystalización

El efecto de la adición de EDTA- Na_2 en la mayoría de recrystalizaciones no ha sido nada favorable, puesto que ha aumentado mucho el nivel de aglomeración de los cristales y los ha teñido de blanco disminuyendo su calidad visual. Véase la siguiente figura 21.

Como en el caso del ácido cítrico, este quelante disminuye la velocidad de nucleación, que por consecuencia aumenta la formación de nuevos núcleos aumentando así la población final de cristales. En lo referente al crecimiento cristalino, observamos que todos los cristales presentan un tamaño inferior a los de una recrystalización con ausencia de aditivos quelantes. Debido al aumento en la velocidad de crecimiento de los cristales que este quelante proporciona, el tamaño de la población de cristales resultante es bastante reducida.

En ambas réplicas, la concentración de EDTA- Na_2 que mejor cristaliza es **0,3M** y la temperatura que mejor complementa el aditivo es **40°C**, aunque el resultado entre ellas fue totalmente distinto y que la aplicación de aireación en las segundas réplicas no fue positiva.

En resumen, la adición de este aditivo en la réplica 1 fue favorable y la adición en la réplica 2 fue desfavorable. Se debe tener en cuenta que las dos coincidieron en que la mejor cristalización fue a una concentración de **0,3M a 40°C**, así que podríamos decir que existe una gran probabilidad que esta combinación ayude a optimizar recrystalizaciones con tomate cherry pera.

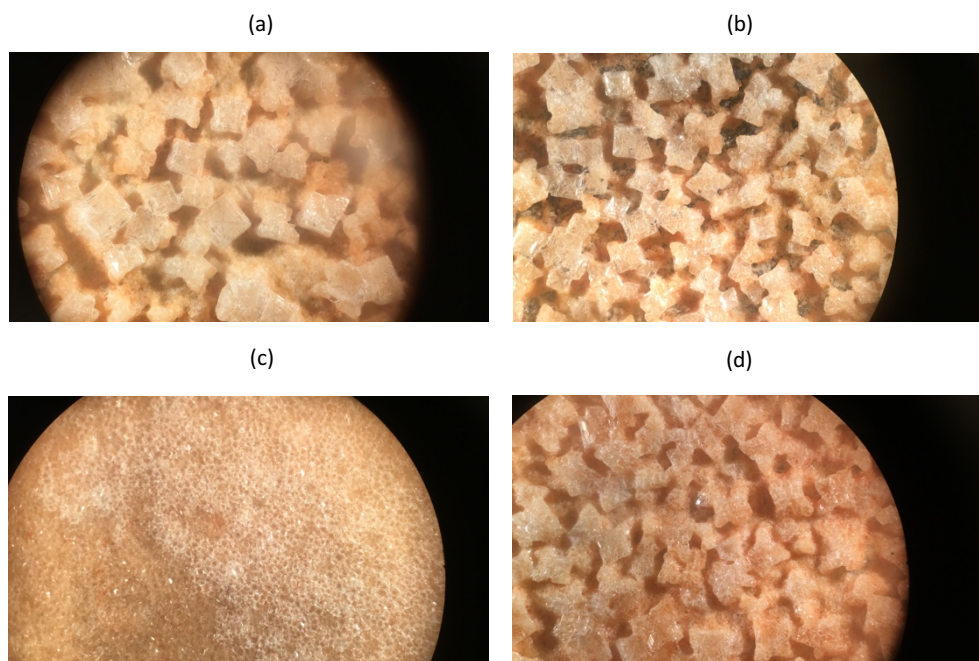


Figura (21): (a) Recrystalización de tomate con EDTA- Na_2 0,3M a 30°C con aireación. (b) Recrystalización de tomate con EDTA- Na_2 0,3M a 40°C con aireación. (c) Recrystalización con de tomate con EDTA- Na_2 0,45M a 30°C con aireación. (d) Recrystalización de tomate con EDTA- Na_2 0,45M a 40°C con aireación. aumento 8x

Tabla (15): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de EDTA- Na_2 en el comportamiento de las recrystalizaciones con polvo de tomate cherry pera liofilizado a 30°C y 40°C

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
0,3 M 30°C	Nivel de población: bajo Velocidad de nucleación: alta Velocidad de crecimiento cristalino: media-alta y regular Cristales con morfología no deseada Nivel de aglomeración: alto Tiempo requerido: 3-4 días	Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: baja y bastante regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: bastante alto Tiempo requerido: 3-4 días
0,3 M 40°C	Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: baja y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: muy bajo Tiempo requerido: 3-4 días	Nivel de población: muy elevado Velocidad de nucleación: baja Velocidad de crecimiento cristalino: media-alta y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: alto Tiempo requerido: 3-4 días
0,45 M 30°C	Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: medio y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: bajo Tiempo requerido: 4 días	Nivel de población: extremadamente elevado Velocidad de nucleación: excesivamente baja Velocidad de crecimiento cristalino: muy alta y regular Cristales con morfología no deseada Nivel de aglomeración: bastante alto Tiempo requerido 4 días
0,45 M 40°C	Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: medio Velocidad de crecimiento cristalino: baja y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: muy bajo Tiempo requerido: 4 días	Nivel de población: muy elevado Velocidad de nucleación: baja Velocidad de crecimiento cristalino: media-baja y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: alto Tiempo requerido: 4 días

4.4.2 Guindilla deshidratada

1. Efecto de la concentración del ácido cítrico anhidro (0,1-0,25M) y temperaturas de recrystalización

El efecto de la adición de ácido cítrico anhidro en la mayoría de recrystalizaciones ha sido positiva, puesto que ha mejorado la integración del ingrediente en los cristales resultantes, la morfología de los cristales ha sido óptima y no ha presentado casi dificultades por aglomeración (figura 22). Se ha logrado conseguir un nivel de población correcto, con una velocidad de nucleación y crecimiento cristalino media y regular que ha ayudado a alcanzar cristales con las características físico-químicas deseadas.

En ambas réplicas, las concentraciones de ácido cítrico anhidro que mejor han recrystalizado han sido 0,1M y 0,25M a 30°C.

En resumen, ambas concentraciones del aditivo a 30°C han ayudado a mejorar la cristalización. Por ende, la cristalización óptima de guindilla sería aquella que se le adicionase una concentración de ácido cítrico anhidro en el rango de **0,1- 0,25M** a una temperatura de evaporación de **30°C**.

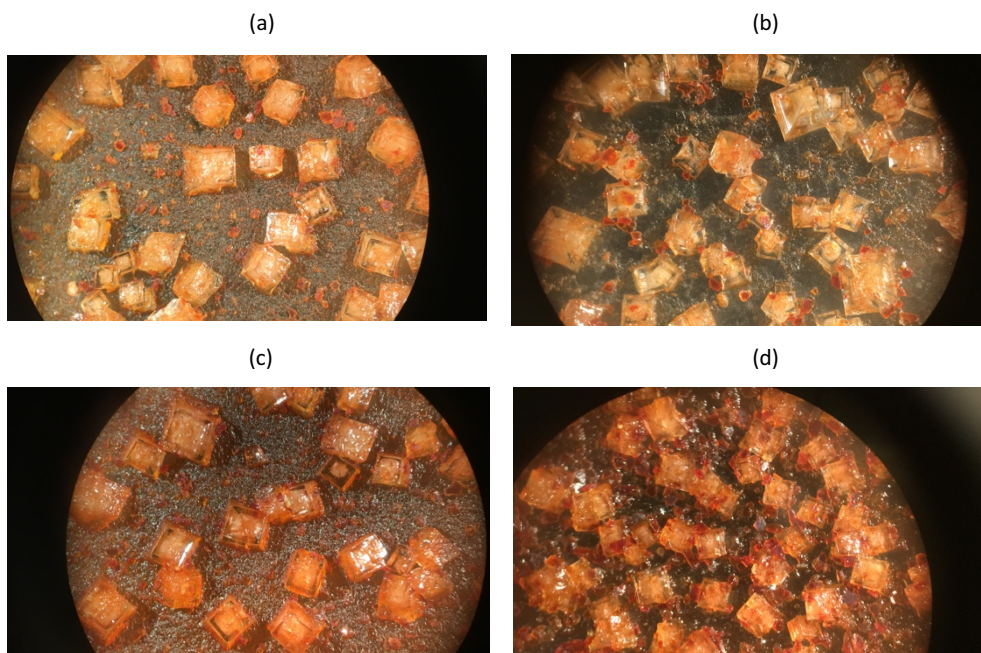


Figura (22): (a) Recrystalización de guindilla con ácido cítrico 0,1M a 30°C. (b) Recrystalización de guindilla con ácido cítrico 0,1M a 40°C. (c) Recrystalización de guindilla con ácido cítrico 0,25M a 30°C. (d) Recrystalización de guindilla con ácido cítrico 0,25M a 40°C aumento 8x

Tabla (17): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico en el comportamiento de las recristalizaciones con polvo de guindilla deshidratada a 30°C y 40°C

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
0,1 M 30°C	<p>Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: medio Velocidad de crecimiento cristalino: bastante alta y regular Cristales con la morfología deseada Nivel de aglomeración: bajo Tiempo requerido: 3-4 días</p>	<p>Nivel de población: medio-alto Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: baja y regular Cristales con la morfología deseada Nivel de aglomeración: casi inexistente Tiempo requerido: 3-4 días</p>
0,1 M 40°C	<p>Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: media e irregular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: medio Tiempo requerido 3-4 días</p>	
0,25 M 30°C	<p>Nivel de población: medio-alto Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: baja y regular Cristales con la morfología deseada Nivel de aglomeración: casi inexistente Tiempo requerido :4 días</p>	
0,25 M 40°C	<p>Nivel de población: elevado Velocidad de nucleación: baja Velocidad de crecimiento cristalino: media-alta y regular Cristales con morfología deseada Nivel de aglomeración: alto Tiempo requerido: 4 días</p>	

2. Efecto de la concentración de EDTA- Na_2 (0,3-0,45M) y temperaturas de recrystalización

El efecto de la adición de EDTA- Na_2 en la mayoría de las recrystalizaciones no ha sido positiva, puesto que ha alterado por completo las velocidades de nucleación y crecimiento cristalino y ha aumentado mucho el nivel de aglomeración de los cristales, véase la siguiente (figura 23).

A concentraciones de 0,3M a medida que iba aumentando la temperatura, la velocidad de nucleación disminuía y la velocidad de crecimiento cristalino se incrementaba. Al aumentar la concentración del aditivo a 0,45M el patrón de conducta ha sido contrario, se ha incrementado la velocidad de nucleación y ha disminuido la velocidad de crecimiento cristalino.

En ambas réplicas este aditivo se ha comportado de manera muy similar, pero muy dependiente de la concentración y la temperatura utilizada.

Finalmente se puede resumir que la concentración de EDTA- Na_2 que mejor cristaliza es **0,3M** y la temperatura que mejor complementa el aditivo es **30°C**, aunque no presenta las suficientes mejoras como para ser recomendado para una cristalización óptima, por ende, se descartaría como posible aditivo para una recrystalización de guindilla.

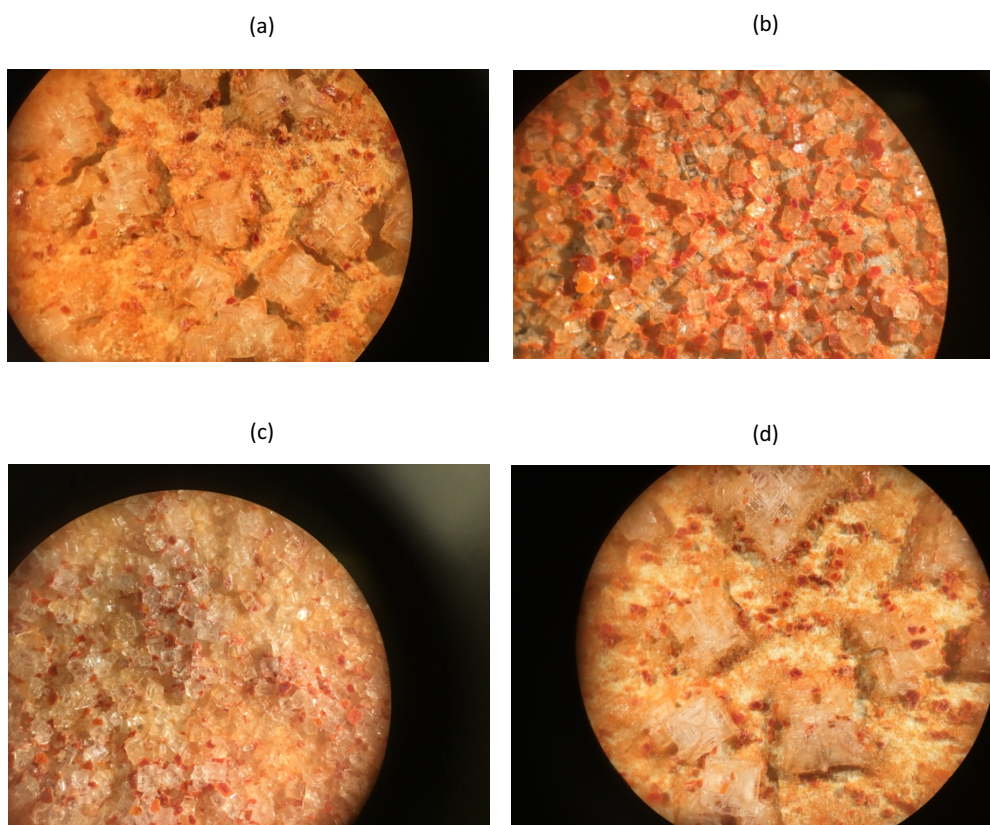


Figura (23): (a) Recrystalización de guindilla con EDTA- Na_2 0,3M a 30°C. (b) Recrystalización de guindilla con EDTA- Na_2 0,3M a 40°C. (c) Recrystalización de guindilla con EDTA- Na_2 0,45M a 30°C. (d) Recrystalización de guindilla con EDTA- Na_2 0,45M a 40°C. aumento 8x

Tabla (17): Descripción del efecto de diferentes concentraciones de EDTA- Na_2 en el comportamiento de las recristalizaciones de guindilla a 30°C y 40°C

	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2
0,3 M 30°C	<p>Nivel de población: medio Velocidad de nucleación: medio Velocidad de crecimiento cristalino: media y regular Cristales con morfología deseada Nivel de algomeración: bastante bajo Tiempo requerido: 3-4 días</p>	<p>Nivel de población: bajo Velocidad de nucleación alta , velocidad de crecimiento cristalino baja y bastante regular y con la morfología deseada de los cristales resultantes con nivel bastante alto de algomeración. Tiempo requerido 3-4 días</p>
0,3 M 40°C	<p>Nivel de población: muy elevado Velocidad de nucleación: baja Velocidad de crecimiento cristalino: media-alta y regular Cristales con morfología no deseada Nivel de algomeración: alto Tiempo requerido: 3-4 días</p>	
0,45 M 30°C	<p>Nivel de población: extremadamente elevado Velocidad de nucleación: excesivamente baja Velocidad de crecimiento cristalino: muy alta y regular Cristales con morfología no deseada Nivel de algomeración: bastante alto Tiempo requerido: 4 días</p>	
0,45 M 40°C	<p>Nivel de población: bajo Velocidad de nucleación: media Velocidad de crecimiento cristalino: muy baja y regular Cristales con morfología no deseada Nivel de algomeración: alto Tiempo requerido: 4 días</p>	

4.4.3 Extracto de áloe vera

La cristalización óptima del extracto de áloe vera es **a temperatura ambiente**, ya que todas las pruebas realizadas a diferentes temperaturas o con adición de quelantes fueron fallidas.

Tanto el efecto de la adición de EDTA- Na_2 como de ácido cítrico anhidro en la mayoría de las recrystalizaciones no ha sido favorable, puesto que han alterado por completo las velocidades de nucleación y crecimiento cristalino y han aumentado mucho el nivel de aglomeración de los cristales. Véase la figura 24 que se presentan las muestras más representativas.

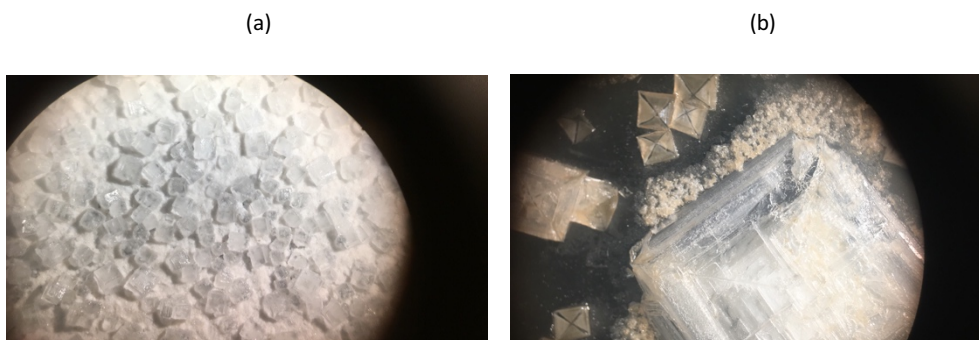


Figura (24): (a) Recrystalización con extracto de áloe vera con EDTA- Na_2 0,3M a 30°C. (b) Recrystalización con extracto de áloe vera con ácido cítrico 0,05M a 30°C aumento 8x

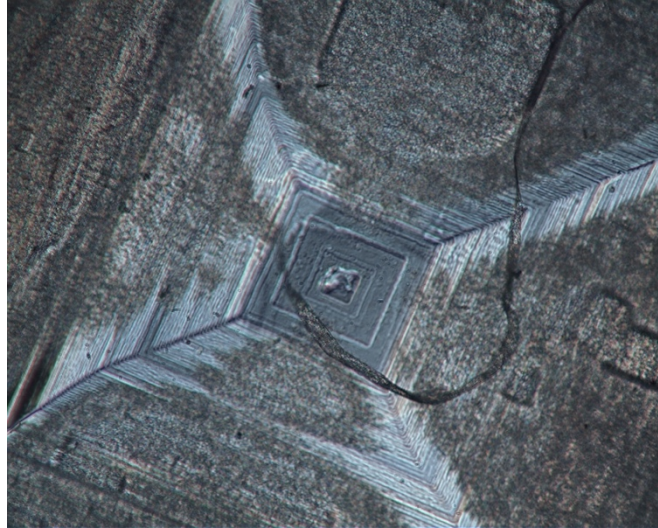
1. El comportamiento del EDTA- Na_2 a cualquier concentración fue disminuir la velocidad de nucleación y acelerar la velocidad de crecimiento cristalino, obteniendo una población de cristales de tamaño muy reducido con un alto índice de aglomeración.
2. El comportamiento del ácido cítrico a cualquier concentración fue acelerar la velocidad de nucleación y disminuir la velocidad de crecimiento cristalino, obteniendo una población de cristales de tamaño muy grande con un alto índice de aglomeración.
3. El comportamiento de ambos aditivos añadidos conjuntamente a 0,05M tampoco fue positivo, se aceleró la velocidad de nucleación y se disminuyó la velocidad de crecimiento cristalino, obteniendo una población de cristales de tamaño grande con un nivel de aglomeración excesivamente alto. Véase la siguiente figura 25:



Figura (25): Recrystalización con extracto de áloe vera con EDTA- Na_2 0,05M y 0,05M ácido cítrico anhidro a temperatura ambiente (25°C) aumento 8x

Finalizamos los ensayos con unas fotografías de la recristalización óptima de áloe vera:

(a)



(b)

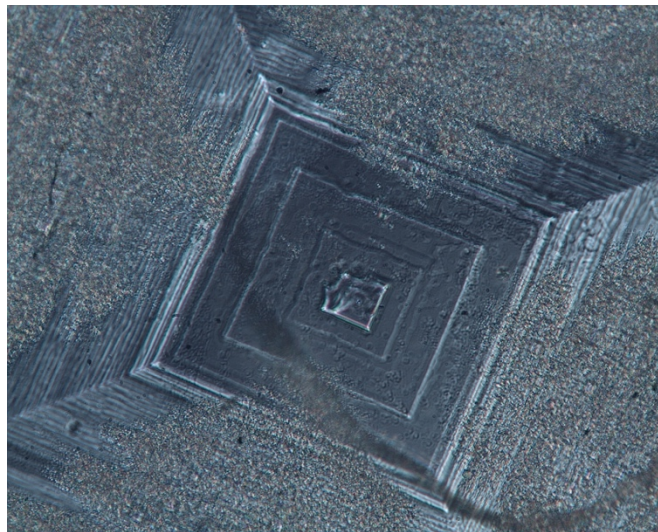


Figura (26): Recristalización óptima de áloe vera (temperatura ambiente en ausencia de quelantes). (a) 50x (b) 100x

4.5 Resultados y esquemas

Tabla (18): Resumen de los resultados experimentales

ENSAYO I	Viabilidad de cristalización de diversos ingredientes		Polvo de tomate cherry pera liofilizado	✓
			Polvo de guindilla deshidratada	✓
			Polvo de <i>Boletus edulis</i> deshidratado	✗
			Extracto de áloe vera	✓
			Extracto de té verde	✗
ENSAYO II	Comprobación de las mejores condiciones de recristalización	Sonicación	Polvo de tomate cherry pera liofilizado	✓
			Polvo de guindilla deshidratada	✓
			Extracto de áloe vera	✓
		Temperatura de evaporación	Polvo de tomate cherry pera liofilizado	30°C
			Polvo de guindilla deshidratada	30°C
			Extracto de áloe vera	25°C
ENSAYO III	Influencia que ejerce la presencia o no de antiaglomerantes y el tamaño y tipología de sal empleadas en la recristalización		Sal fina sin antiaglomerantes	✓
			Sal fina con antiaglomerantes	✗
			Sal Maldon sin antiaglomerantes	✗
ENSAYO IV	Efecto de la adición de aditivos quelantes en la recristalización	Ácido cítrico anhidro	Polvo de tomate cherry pera liofilizado	✗
			Polvo de guindilla deshidratada	0,1-0,25M 30°C
			Extracto de áloe vera	✗
		EDTA-Na ₂	Polvo de tomate cherry pera liofilizado	0,3M 40°C
			Polvo de guindilla deshidratada	✗
			Extracto de áloe vera	✗

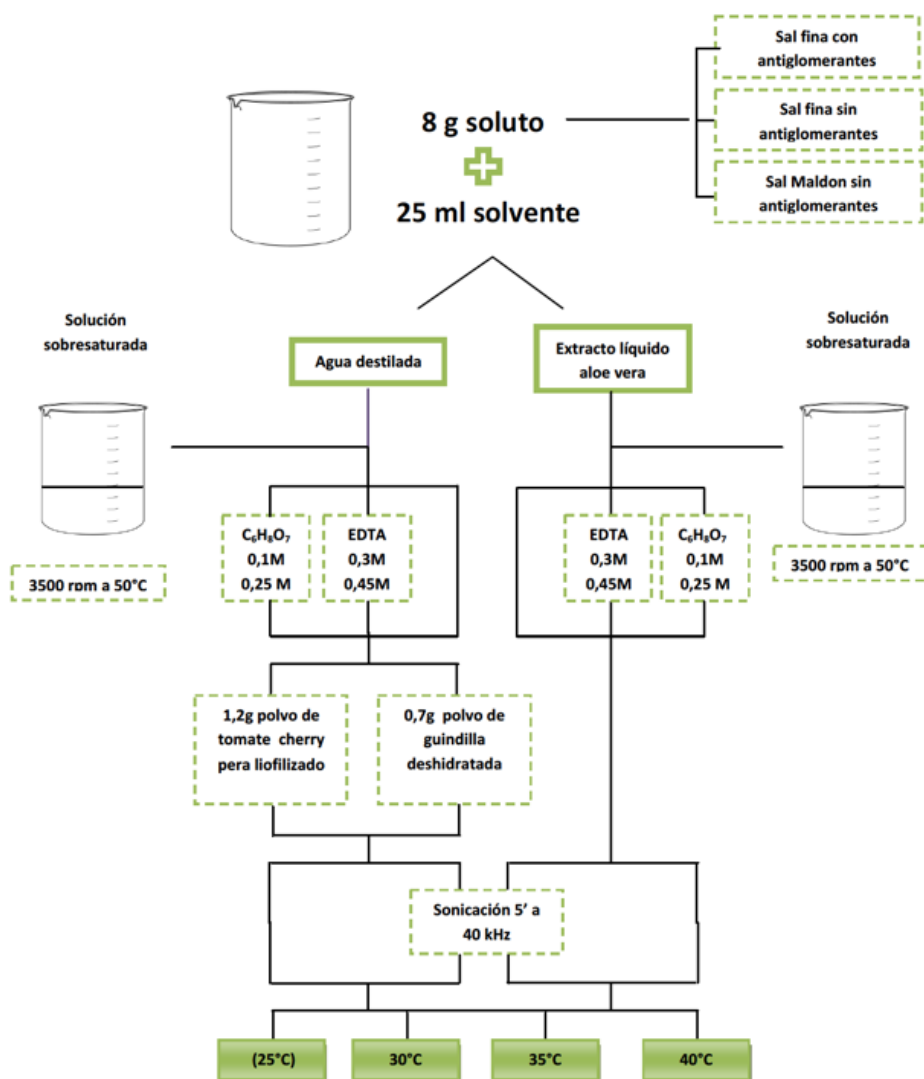


Figura (27): Diseño experimental para recrystalizaciones de sal con diferentes ingredientes

4.6 Ensayo V: Análisis de las preferencias de los consumidores hacia las sales gastronómicas

Una vez realizadas las encuestas, analizaremos los datos entorno a los objetivos previamente fijados. Clasificaremos las preguntas desarrolladas en subgrupos en función de los diferentes hábitos de los consumidores para una mayor claridad.

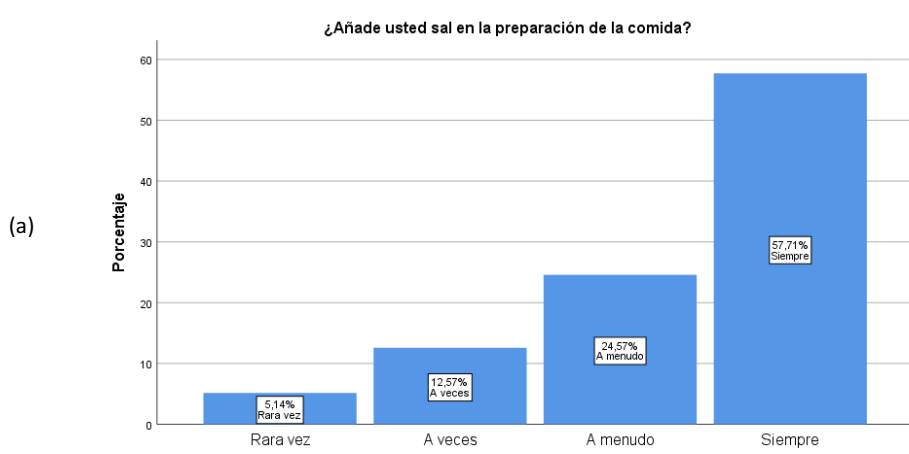
El diseño final del embalaje fue el siguiente:



Figura (28): Packaging de las sales gastronómicas

1. Hábitos de consumo

Observamos que la sal es un aditivo altamente empleado en los hogares, casi un 60% de la población emplea siempre sal en la preparación de sus platos. Una población de 7,43% añade siempre sal a su plato y un 12,57% a menudo, alcanzando un 20% de gente que normalmente emplea sal tanto en la preparación de comida como posteriormente en el plato.



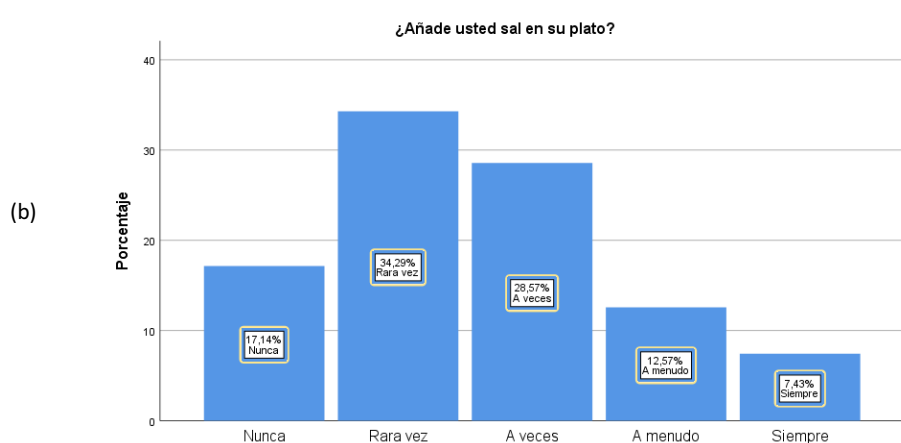


Figura (29): Hábitos de consumo. (a) Porcentaje de consumidores que adicionan sal en la preparación de la comida. (b) Porcentaje de consumidores que adicionan sal en el plato

2. Hábitos de compra

La sal que compra la mayoría de los consumidores es sal que se encuentra en los puntos de venta más accesibles, los supermercados. Este tipo de superficies en general, carecen de diversidad de sales o productos sustitutivos, por esta razón las sales que son más consumidas son sal fina o gruesa de mesa seguido de sal fina o gruesa marina o sales enriquecidas con yodo.

Independientemente de este hecho, observamos en la figura (30 a) que casi el 15% de la población encuestada consume sales gourmet y un 1,34% sucedáneos. De acuerdo con estos resultados podemos interpretar que aproximadamente el 15% de la población estará dispuesta a probar unas nuevas sales gastronómicas.

En el siguiente gráfico (30 b) observamos que el 58,29% de la población compra sal en bolsas de un kilogramo, el formato de venta más cómodo y asequible, seguido con del formato de medio kilogramo con un 18,59% de la población y solo el 14,57% de la gente compra pequeñas cantidades y 6,53% botes de 150 gramos. Conforme a los datos obtenidos, interpretamos que el formato de nuestro nuevo producto (75g) podría presentar algunos problemas de venta. Por ende, se debería investigar la valoración de un posible aumento en el formato.

En cuanto al importe que pagan los consumidores por un kilogramo de sal figura (30 c), aproximadamente el 50% de la población abona cantidades inferiores a 1€, solo un 12% pagan más de 2€. Debemos tener en cuenta que la sal es un producto que de coste reducido, y por consiguiente, el sector del público no interesado en las sales gastronómicas no estaría dispuesto a gastar cantidades superiores a las gastadas en sus compras habituales.

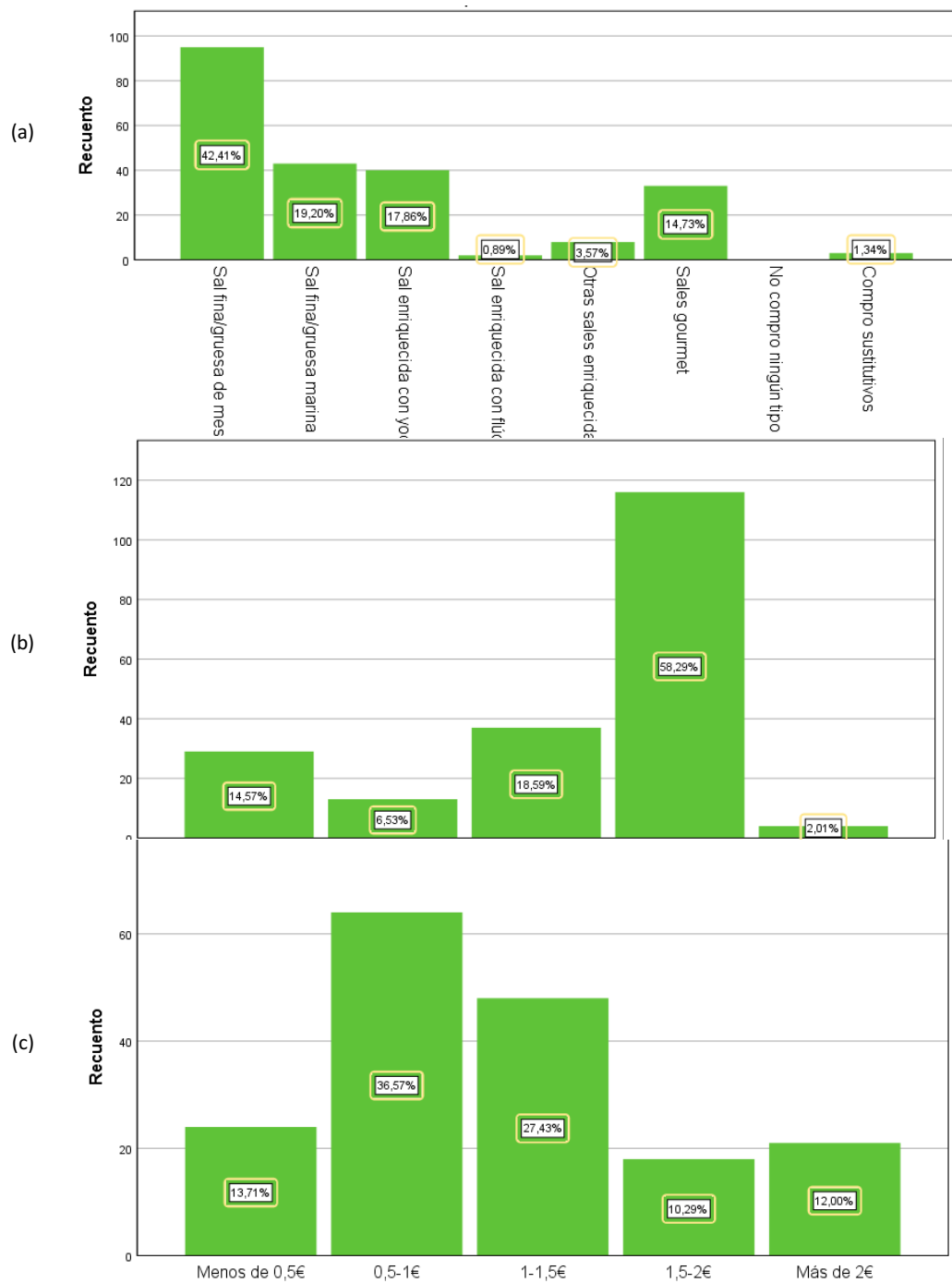


Figura (30): Hábitos de compra (a) Tipología de sal que compran los consumidores. (b) Formato de sal que los consumidores compran. (c) Precio que pagan los consumidores por un kilogramo de sal

3. Hábitos de salud

Para estudiar si la población que ha intentado disminuir la ingesta de sal está relacionada con la edad se realizó un análisis bivalente entre estas variables nominales. Para verificar si existe una relación entre estas dos variables se calculó el estadístico chi-cuadrado Pearson. El valor de esta variable fue superior a 0,1, es decir, no significativo (véase la tabla 19). Por lo tanto, no podemos establecer una relación directa entre edad i disminución de ingesta . Remarcar que en caso de haber utilizado una muestra estratificada los resultados serían más concluyentes puesto que en esta encuesta no existe un número predeterminado de encuestadores de cada grupo de edades.

Tabla (19): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson en el estudio sobre la existencia de relación entre la disminución en la ingesta de sal y la edad.

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	9,866 ^a	8	,275
Razón de verosimilitud	13,392	8	,099
Asociación lineal por lineal	,993	1	,319
N de casos válidos	175		

a. 6 casillas (40,0%) han esperado un recuento menor que 5.
El recuento mínimo esperado es ,64.

En la siguiente figura 31, observamos que más del 50% gente de todas las edades no ha intentado disminuir la ingesta de sal.

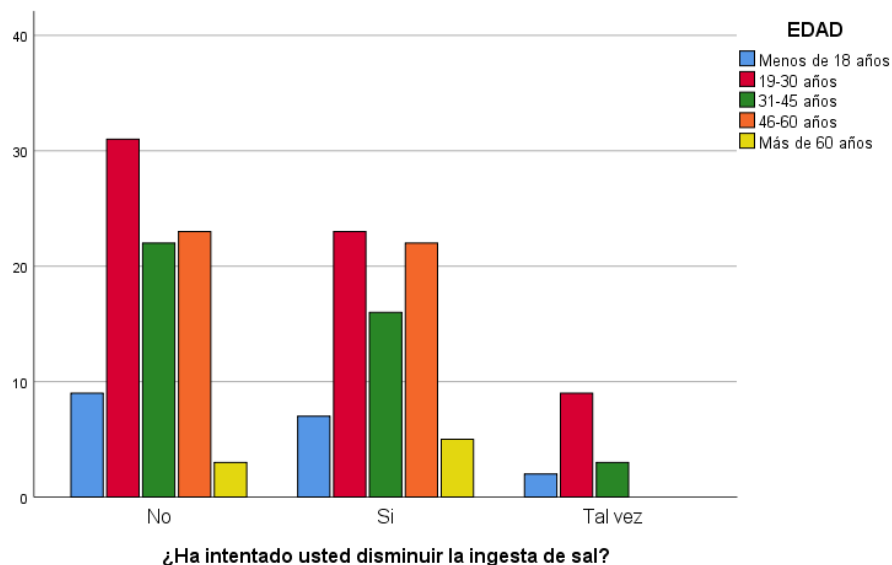


Figura (31): Estudio de la existencia de relación entre la disminución en la ingesta de sal y la edad

Siguiendo el mismo procedimiento que el caso anterior, también se ha analizado si la gente es consciente de la problemática que puede provocar el consumo excesivo de sal en función de la edad. El valor de la variable chi-cuadrado fue superior a 0,1, véase la tabla 20, nos indica que en este caso tampoco es significativa la relación edad y exceso de consumo de sal.

Tabla (20): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson en el estudio sobre la existencia de relación entre el conocimiento sobre la problemática que genera el consumo excesivo de sal y la edad.

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	11,506 ^a	8	,175
Razón de verosimilitud	14,484	8	,070
Asociación lineal por lineal	,097	1	,755
N de casos válidos	175		

a. 8 casillas (53,3%) han esperado un recuento menor que 5.
El recuento mínimo esperado es ,46.

Observamos que solo un bajo porcentaje de población, no es consciente de la problemática de un consumo excesivo de este aditivo. Este hecho favorece las probabilidades de que los encuestados quieran probar este nuevo producto teniendo en cuenta que uno de los objetivos de la creación de estas sales gastronómicas es poder disminuir su ingesta.

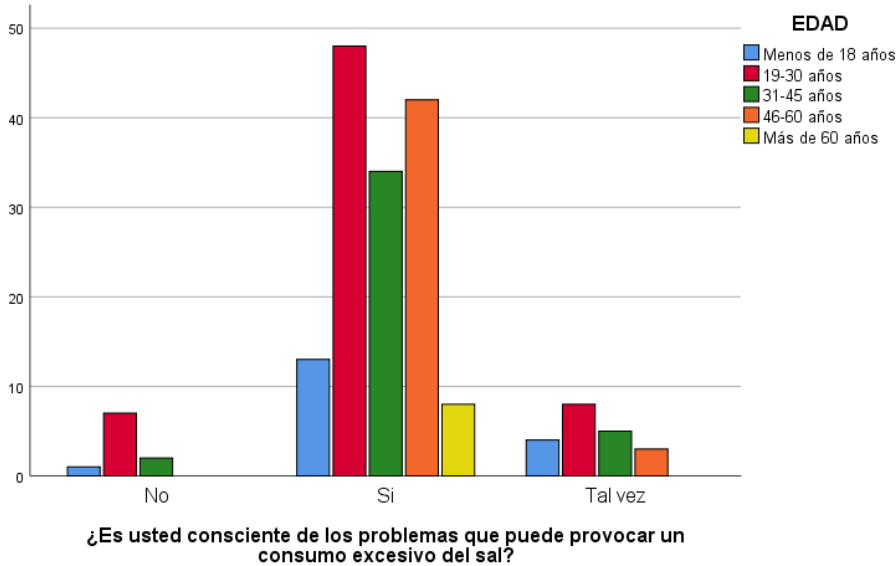


Figura (32): Relación entre el conocimiento sobre la problemática que genera el consumo excesivo de sal y la edad

Siguiendo el mismo procedimiento que el caso anterior, se analizó el conocimiento de la gente de los sustitutivos de la sal o sucedáneos en función de la edad. El valor de la variable chi-cuadrado al igual que en los casos anteriores no fue significativo (superior a 0,1) (tabla 21).

Tabla (21): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson entre el conocimiento sobre los sustitutivos de la sal o sucedáneos y la edad

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	9,069 ^a	8	,337
Razón de verosimilitud	11,237	8	,189
Asociación lineal por lineal	1,113	1	,292
N de casos válidos	175		

a. 6 casillas (40,0%) han esperado un recuento menor que 5.
El recuento mínimo esperado es ,87.

En la figura 33, observamos que el 54,86% de la población desconoce los productos sustitutivos de la sal, que de alguna manera podrían contribuir a la disminución de su ingesta. Por lo tanto, pensamos que sería bueno que existiera una mayor divulgación sobre este tipo de productos.

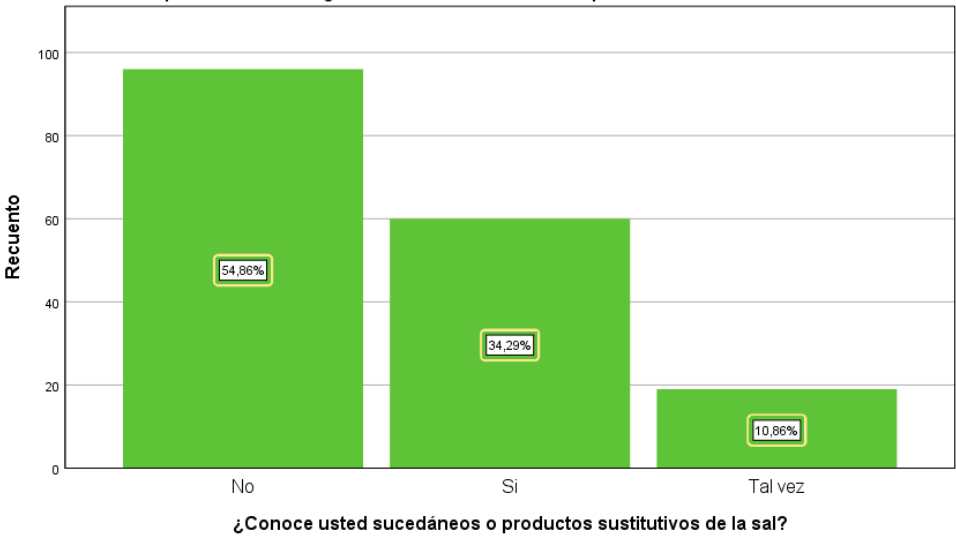


Figura (33): Hábito de salud: conocimiento de los sucedáneos o productos sustitutivos de la sal que tienen los consumidores

4. Percepciones sobre el nuevo producto alimentario

Casi el 41% de la población encuestada probablemente probaría este nuevo producto, seguido de un 41,71% de gente que probablemente lo probaría. El 80% de la público representa una cifra muy buena teniendo en cuenta que solo se encuestaron a 175 personas. Este alto porcentaje podría indica que bastante gente estaría interesada en este nuevo producto o por lo menos sería receptiva a la hora de degustarlo.

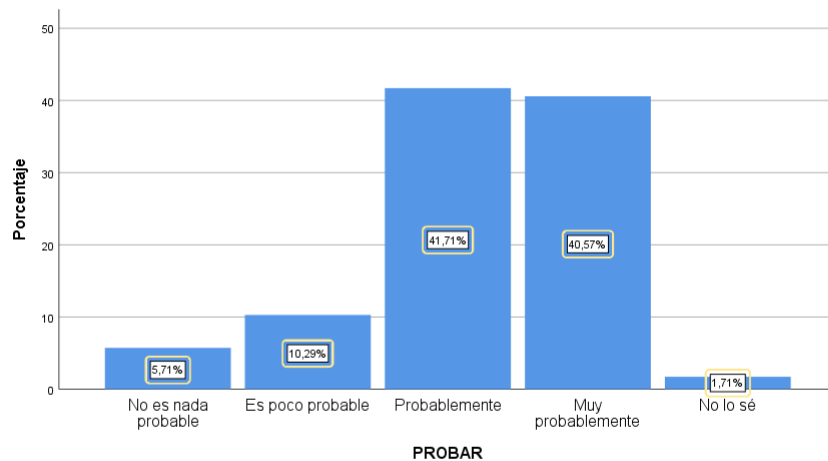


Figura (34): Interés de la población en probar las nuevas sales gastronómicas.

También se ha analizó si existía una relación entre:

- La edad y la gente que probablemente probaría estas sales gastronómicas
- El sexo y la gente que probablemente probaría estas sales gastronómicas

En ambos casos, el valor de la variable chi-cuadrado fue superior a 0,1, véase la tabla 22, por lo cual, no se ha podido establecer relaciones directas entre ambos parámetros.

Tabla (22): Cálculo del estadístico chi-cuadrado Pearson en el estudio sobre la existencia de relación respecto la probabilidad de probar las sales gastronómicas y (a) La edad o (b) El sexo

(a) Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,614 ^a	16	,411
Razón de verosimilitud	20,389	16	,203
Asociación lineal por lineal	,275	1	,600
N de casos válidos	175		

a. 16 casillas (64,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,14.

(b) Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	8,669 ^a	8	,371
Razón de verosimilitud	9,189	8	,327
Asociación lineal por lineal	,239	1	,625
N de casos válidos	175		

a. 8 casillas (53,3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,05.

En cuanto a los ingredientes utilizados en nuestras sales gourmet, el 53,71% de la población afirma que tienen un sabor de su agrado y solo un 16,57% le desagrada (figura 35 a). Independientemente de los resultados, el 52% de la población cambiaría alguno de los tres sabores escogidos, así que es probable que alguno de los ingredientes elegidos no satisfagan a parte de la población encuestada (figura 35 b), siendo necesario profundizar en una valoración individual de cada ingrediente.

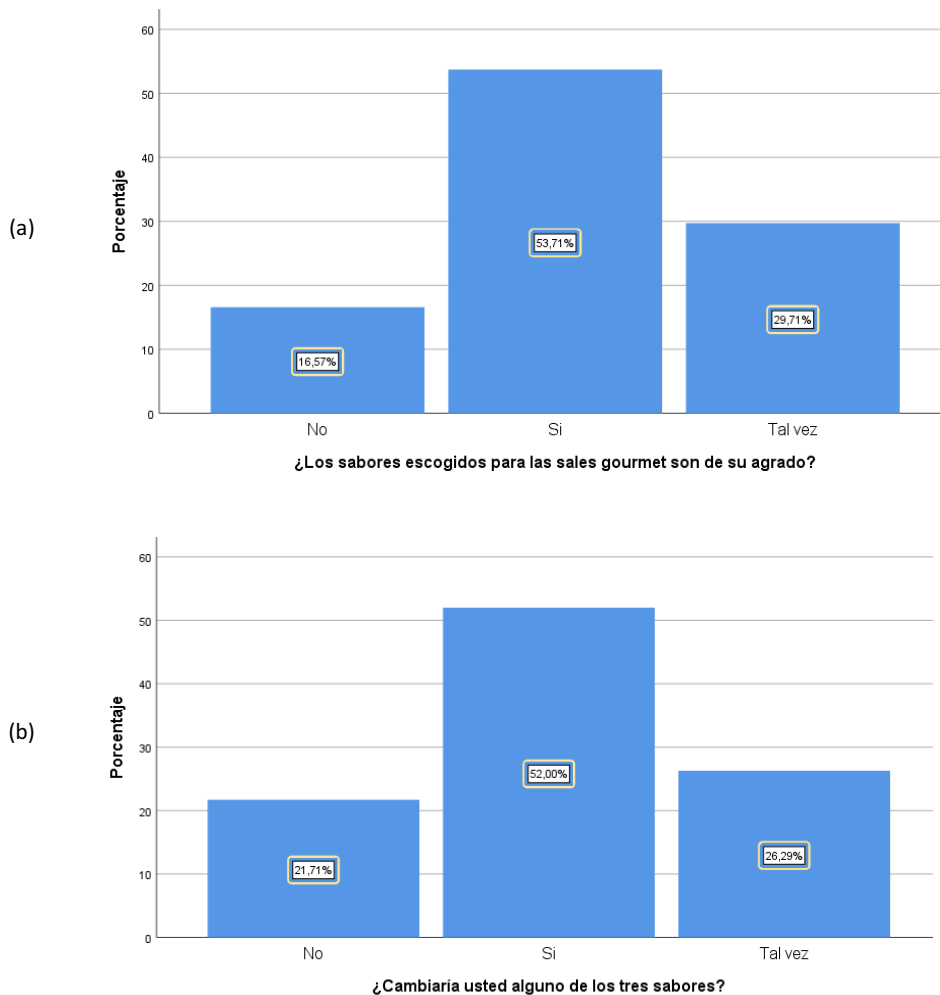


Figura (35): (a) Aceptación de los sabores de los ingredientes utilizados (b) Propuesta o no de cambio de alguno de los sabores por parte del consumidor

Los sabores elegidos preferentemente por la mayoría de los consumidores son los indicados en la figura 36. Por tanto, se debería contemplar el cambio de alguno de ellos o la incorporación de un nuevo ingrediente. En caso de querer añadir un nuevo sabor, la cebolla, el limón, y *Boletus edulis* son opciones mayoritariamente elegidas.

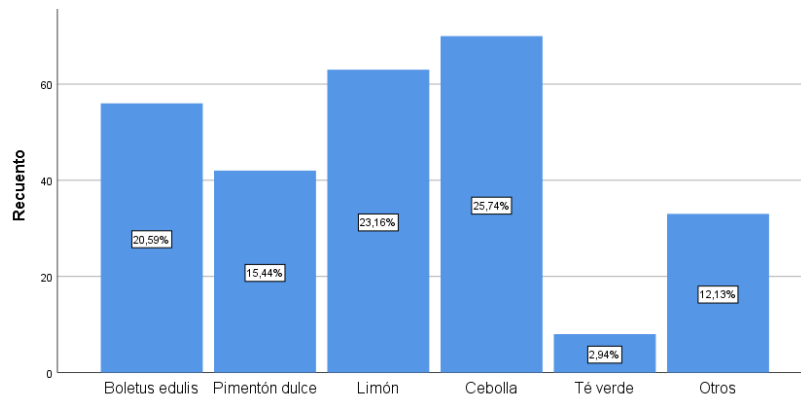


Figura (36): Preferencias de sabores entre los consumidores

El precio puede llegar a ser un factor limitante a la hora de comprar un producto, es por eso que se pregunto al público si estaría interesado en comprar estas sales gourmet en caso de presentar un precio que le satisfaga. El porcentaje de consumidores dispuestos a comprar este producto fue sorprendentemente elevado, el 40% de la población se mostró muy receptivo afirmando que muy probablemente comprarían este producto, seguido de un 44,57% de la población que afirman que probablemente lo comprarían. Debemos tener en consideración que solo el 12% de los encuestados no comprarían el producto, así que podemos afirmar que los consumidores presentan una buena predisposición ante nuestro producto y a priori buenas expectativas de venta.

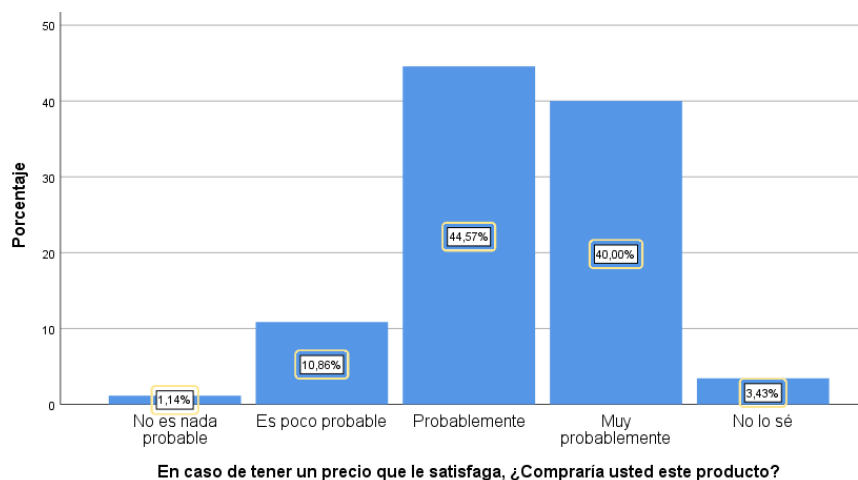


Figura (37): Posible compra de este producto en caso de presentar un precio satisfactorio

En general, el precio que los consumidores estarían dispuestos a pagar por un pack de nuestras sales gastronómicas es bastante reducido. El 50,29% estaría dispuesto a pagar entre 1 y 2€, siendo un valor muy bajo teniendo en cuenta ya que solo el packaging tiene unas repercusiones superiores en el coste del producto realizado a pequeña escala.

Solamente 24 personas, estarían dispuestas a gastar cantidades superiores a 3€, (figura 38 a).

A posteriori, se debería realizar una valoración sobre investigar el precio de venta de este producto para satisfacer las preferencias de los consumidores y como obtener beneficios o solo centrarse en un sector de la población.

Independientemente de los inconvenientes que puede generar el precio del producto, más del 50% de la población estaría dispuesta a cambiar sus sales habituales por estas nuevas sales gastronómicas (figura 38 b).

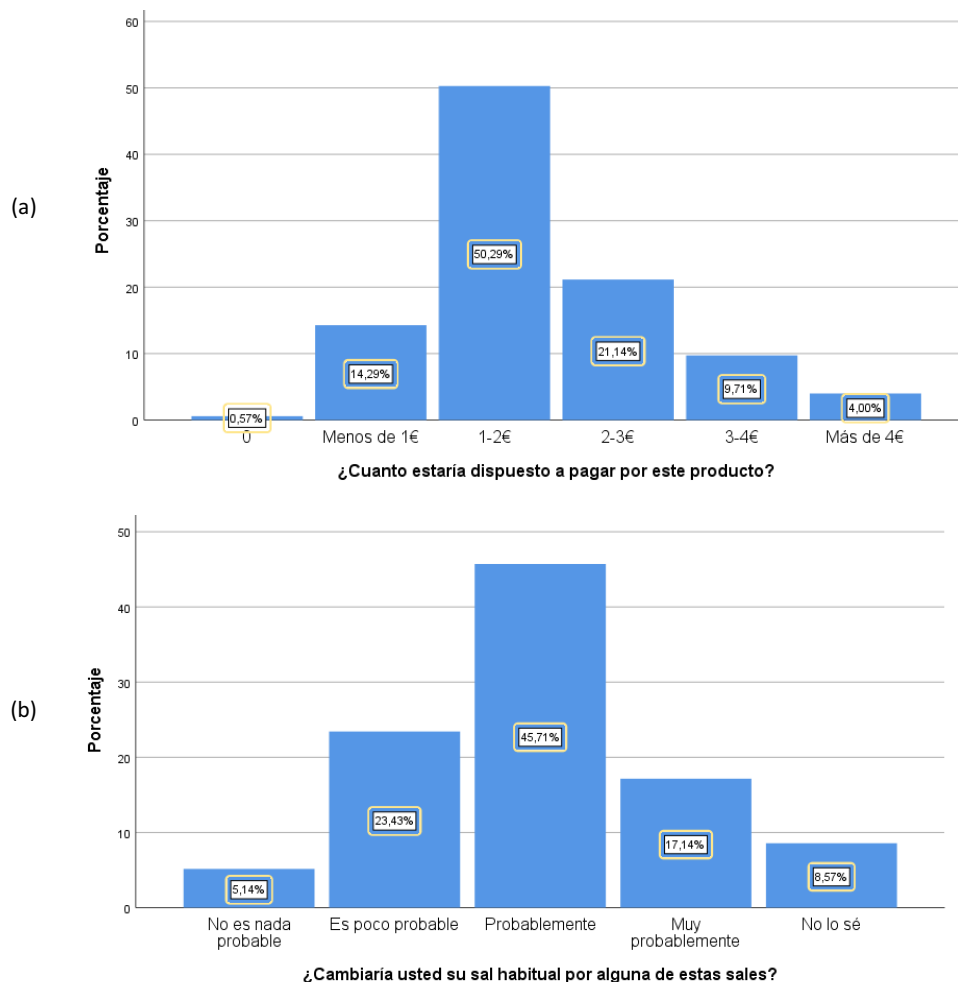


Figura (38): (a) Precio que los consumidores estarían dispuestos a pagar por un pack de 3 sales gastronómicas de 25g cada una. (b) Consumidores que cambiarían su sal habitual por este nuevo producto.

4.1 Diseño del embalaje

Prácticamente el 80% de la población valoró positivamente el packaging de nuestro producto. Predominó la puntuación de 7 y 8 con alrededor de 50% de la población. Podemos confirmar que gran parte de la población lo consideró como una buena opción.

La mayoría de encuestados valoraron positivamente el embalaje, casi un 40% de los consumidores opinaron que era moderno, seguido de un 24,22% correcto y un 15,70% práctico. El nivel de población que puntuó negativamente el producto fue inferior al 6%.

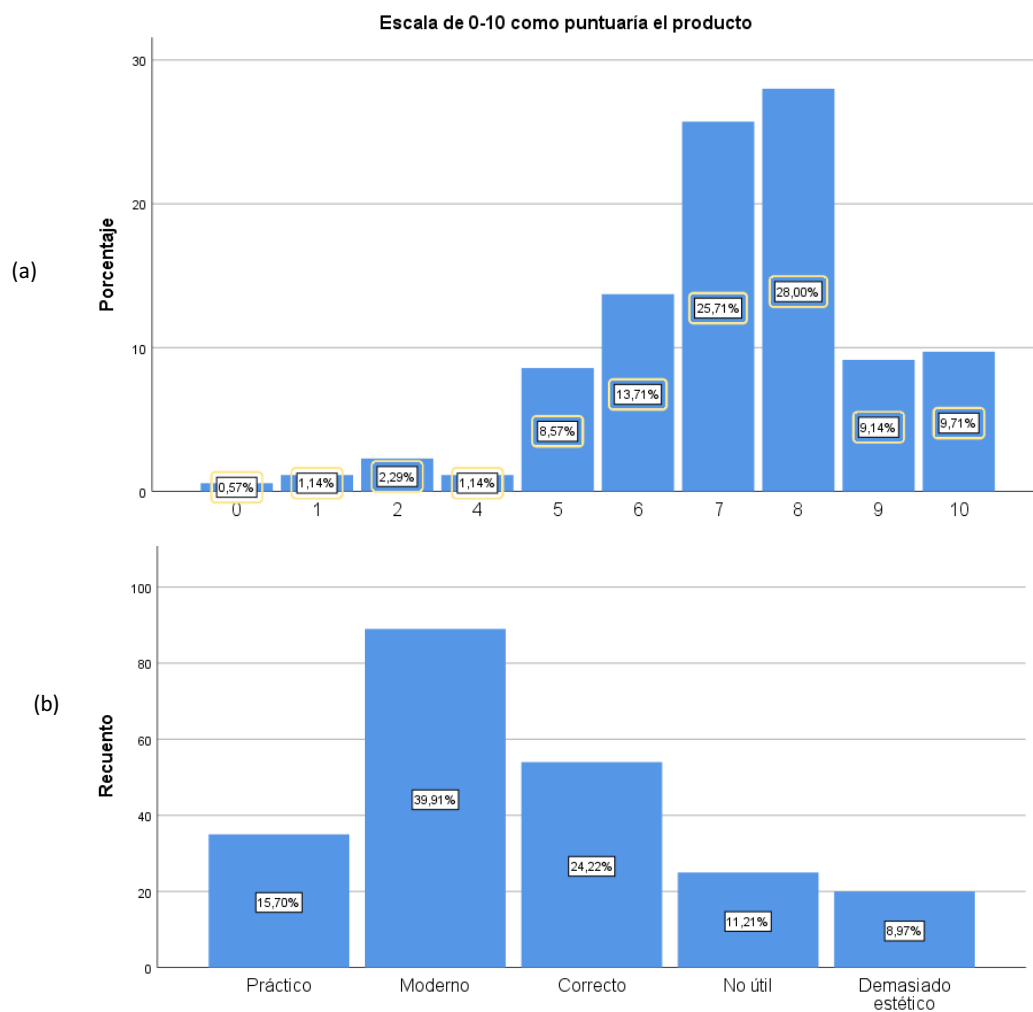


Figura (39): (a) Posible compra del producto en caso de presentar un precio satisfactorio (b) Opiniones de los consumidores respecto al packaging

5. Conclusiones

Aunque para poder confirmar los resultados obtenidos sería necesario hacer un número de réplicas superior al realizado en este trabajo, como resultados previos se puede concluir que:

A partir del ensayo I se pudo comprobar que tanto *Boletus edulis* deshidratados como el extracto de té verde en las condiciones ensayas no serían viables para obtener una recristalización óptima.

Según los resultados del ensayo II, se comprobó que el uso de ultrasonidos de 40 KHz durante 5 minutos durante la disolución de la sal ayudó a alcanzar y a mejorar, en un menor tiempo, la solución sobresaturada deseada. También se confirmó, que la temperatura de evaporación en la recristalizaciones en ausencia de aditivos quelantes siempre está entre los 25-30°C.

En el ensayo III, se ha podido constatar que el uso de sales con antiaglomerantes altera el comportamiento de la recristalización, dando un producto final de peor calidad.

En el ensayo IV, debido a las múltiples diferencias obtenidas en los resultados con la aplicación de aditivos quelantes (ácido cítrico o EDTA- Na_2) para obtener una posible mejora en la recristalización, solo se puede constatar que el tomate cherry para podría mejorar su recristalización a bajas concentraciones de ácido cítrico (0,1 a 0,25M) y usando una temperatura de evaporación a 30°C y la guindilla a bajas concentraciones de EDTA- Na_2 (0,3M) y usando una temperatura de evaporación a 40°C; mientras que el extracto de aloe vera no presentó ninguna mejora con ninguno de ellos.

Las encuestas a consumidores indican que más del 80% de los encuestados estarían dispuestos a probar y comprar nuestras sales gastronómicas y valoraron positivamente el diseño del packaging y los sabores de los ingredientes utilizados, mientras que el precio que estarían dispuestos a pagar sería inferior al previsto. De acuerdo con los resultados obtenidos sería necesario profundizar en aspectos como: precio, formato y sabores. Estos resultados se deberían corroborar realizando otros estudios con un muestreo estratificado y un mayor número de encuestados para así disminuir el margen de error entre el 1% y 5%.

6. Bibliografía

- [1] Kroschwitz, J.I. and Seidel, A. (2004). Sodium Chloride. *Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical Technology*. (20). 5a Edición. Editorial: Hoboken, N.J. :Wiley-Interscience. DOI: 10.1002/0471238961.
- [2] Westphal, G., Kristen, G., Wegener, W., Ambatiello, P., Geyer, H., Epron, B., Bonal, C., Steinhauser, G. and Götzfried, F. (2010). Sodium Chloride. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. DOI: 10.1002/14356007.a24_317-pub4
- [3] Grases Freixedas, F., Costa Bauzá, A. and Söhnle, O. (2000). Cristalización en disolución. Capítulo 1-4. 1ª Edición Editorial: Reverté S.A. Barcelona ISBN: 84-291-7209-2000
- [4] McCabe, W.L., Smith, J.C. and Harriott, P. (1991). Operaciones unitarias en ingeniería química. Capítulo 28. 4ª Edición. Editorial: McGraw-Hill. Madrid. ISBN: 0-07-044828
- [5] Badger, W. and Banchem, J. (1970). *Introducción a la ingeniería química*. Capítulo 11. 1ª Edición. Editorial: McGraw-Hill. D.F México
- [6] Cristalización. [online] disponible en: <http://procesosbio.wikispaces.com/Cristalización> [Consultado el 25 Julio de 2017].
- [7] Teoría de la cristalización. [online] disponible en: <https://www.textoscientificos.com/quimica/cristales/teoria-cristalizacion> Consultado 22 July. 2017].
- [8] Garside, J. (1984). Industrial Crystallization from solution. *Chemical Engineering Science*. 40 (1). pp 3-26. Manchester, England. ISSN: 0009-2509/85
- [9] Ballabh, A., Trivedi, D., Dastidar, P., Ghosh, P., Pramanik, A. and Kumar, V. (2006). A Practical Approach To Produce Near-Spherical Common Salt Crystals with Better Flow Characteristics." *Crystal Growth & Design*. 6 (7) 1591-1594 India. DOI: 10.1021/CG050633v
- [10] Reyero, C., Morcillo, J.G., Martín, M and Martín, M.T., (2013). Estudio de los factores que influyen en la forma y propiedades de los cristales y propuestas para los estudiantes de profesorado de secundaria en geología. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 4 (1), pp 121-130. ISSN: 0718-8706
- [11] Domínguez, R., Fernández. (2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 11 (1):23-43. ISSN: 1665-2738
- [12] López Ríos, C.A. and Zuloaga Meneses, A. (2006). Producción de ácido cítrico con *Aspergillus niger* a partir de suero de leche". Medellín 16 de Marzo
- [13] Robles Ozuna, L.E. and Ochoa-Martínez, L.A. (2012) Ultrasonidos y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 13 (2), pp 109-122. México. ISSN: 1665-0204.

7. Anexos

Encuesta empleada en el análisis de las preferencias de los consumidores hacia las sales gastronómicas:

Sales gastronómicas enriquecidas con componentes bioactivos procedentes del tomate, guindilla y áloe vera

La presente encuesta está dirigida al público en general, con el propósito de poder conocer la aceptación de estas nuevas sales gastronómicas.

El objeto principal de este trabajo de final de carrera se basa en la creación de distintas sales gourmet y la analizar su cristalización óptima para obtener las características morfológicas deseadas en los cristales resultantes.

Se trabaja con varios alimentos con el objetivo específico de escoger finalmente aquellos sabores que se puedan cristalizar correctamente y que puedan aportar el gusto o aroma buscado. El propósito de la adición de estos componentes es intentar disminuir la ingesta de sal en los hogares, ya que cada uno de estos productos proporcionaría dos potenciadores de sabor a la vez, logrando así reducir la cantidad usada en cualquier elaboración culinaria.

El packaging para la comercialización de este nuevo producto presenta tres tubos de ensayos de vidrio cómodamente dispuestos en una base rectangular de madera de balsa. Se intenta recrear un tradicional especiero que permita almacenar de manera ordenada nuestras sales gastronómicas teniendo siempre en cuenta la estética y el diseño actual. Para evitar la humectación y mejorar su conservación se ha creado un sistema de cierre con unos tapones de corcho manteniendo la estética del envase. Cada especiero constará de tres tubos, con una capacidad de 25 gramos cada uno, alcanzando un peso neto de 75 gramos.

Diseño de posible envase para comercializar las sales gastronómicas



¿Añade usted sal en la preparación de la comida? *

- ☐ Siempre
- ☐ A menudo
- ☐ A veces
- ☐ Rara vez
- ☐ Nunca

¿Añade usted sal en su plato? *

- ☐ Siempre
- ☐ A menudo
- ☐ A veces
- ☐ Rara vez
- ☐ Nunca

¿Qué tipo de sal compra normalmente? *

- ☐ Sal fina / gruesa de mesa
- ☐ Sal fina / gruesa marina (no refinada)
- ☐ Sal enriquecida con yodo
- ☐ Sal enriquecida con flúor
- ☐ Otras sales enriquecidas
- ☐ Sales gourmet
- ☐ No compro ningún tipo de sal
- ☐ Compro productos sustitutivos

¿Qué formato de sal compra? *

- ☐ Bolsa de 2 kilogramos
- ☐ Bolsa de 1 kilogramo
- ☐ Bolsa de 1/2 kilogramo
- ☐ Bote de 150 gramos
- ☐ Cantidades pequeñas (en las que se comercializan las sales gourmet por ejemplo)

¿Qué precio aproximado paga usted por 1 kilogramos d sal? *

- ☐ Menos de 0,5€
- ☐ 0,5-1€
- ☐ 1-1,5€
- ☐ 1,5-2€
- ☐ Más de 2€

¿Es usted consciente de los problemas que puede provocar un consumo excesivo de sal? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

¿Ha intentado usted disminuir la ingesta de sal o añadir a su dieta algún tipo de sustitutivo? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

¿Conoce usted sucedáneos o productos sustitutivos de la sal? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

Si saliera a la venta unas sales gourmet con sabor a tomate, guindilla y áloe vera que además de aportar más sabor a los platos, ayudara a reducir la cantidad de sal añadida a la comida y aportasen componentes bioactivos a nuestro organismo, ¿estaría usted interesado en probarlo? *

- ☐ Muy probablemente
- ☐ Probablemente
- ☐ Es poco probable
- ☐ No es nada probable
- ☐ No lo sé

¿Los sabores escogidos para las sales gourmet son de su agrado? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

¿Cambiaría usted alguno de los tres sabores? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

Marque si preferiría alguno de estos sabores *

- ☐ Boletus edulis
- ☐ Pimentón dulce
- ☐ Limón
- ☐ Cebolla
- ☐ Té verde
- ☐ Otros

En caso de tener un precio que le satisfaga, ¿compraría usted este producto? *

- ☐ Muy probablemente
- ☐ Probablemente
- ☐ Es poco probable
- ☐ No es nada probable
- ☐ No lo sé

¿Cambiaría usted su sal habitual por alguna de estas sales gastronómicas? *

- ☐ Muy probablemente
- ☐ Probablemente
- ☐ Es poco probable
- ☐ No es nada probable
- ☐ No lo sé

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este producto? (pack de tres sales de veinticinco gramos cada unidad) *

- ☐ Menos de 1€
- ☐ Entre 1 y 2€
- ☐ Entre 2 y 3€
- ☐ Entre 3 y 4€
- ☐ Más de 4€

¿Qué le parece el diseño escogido para la venta de estas sales gastronómicas? *

- ☐ Práctico
- ☐ Moderno
- ☐ Correcto
- ☐ No útil
- ☐ Demasiado estético

En una escala del 0 al 10, donde 0 es nada atractivo y 10 muy atractivo, ¿cómo puntuaría este producto? *

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada atractivo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Muy atractivo

Edad *

- ☐ Menos de 18
- ☐ de 19 a 30
- ☐ de 31 a 45
- ☐ de 46 a 60
- ☐ Más de 60

Situación laboral actual *

- ☐ Estudiante
- ☐ Trabajador
- ☐ En paro
- ☐ Jubilado

Sexo *

- ☐ Mujer
- ☐ Hombre
- ☐ Otro